

Análise de Modelos Sectoriais como instrumento de apoio ao planeamento estratégico florestal em Portugal

Carlos Alberto dos Reis da Silva Caldas

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais

Orientador: Professor José Guilherme Martins Dias Calvão Borges

Júri:

Presidente: Doutora Maria da Conceição Brálio de Brito Caldeira, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutor José Guilherme Martins Dias Calvão Borges, Professor Associado com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutor Pedro César Ochôa de Carvalho, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

*“When the study of the household (ecology)
and the management of the household (economics) can be merged,
and when ethics can be extended to include environmental as well as human values,
then we can be optimistic about the future of humankind.”*

Eugene P. Odum

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor José Guilherme Borges, pelo apoio, disponibilidade, motivação e paciência. E ainda pela possibilidade de incluir esta Dissertação no âmbito do ALTERFOR e BIOECOSYS (*Forest ecosystem management decision-making methods—an integrated bio-economic approach to sustainability* (PTDC/ASP-SIL/30391/2017), projectos para os quais contribui para o cumprimento dos seus objectivos.

Aos meus professores na Licenciatura pré-Bolonha em Engenharia Florestal pelo Instituto Superior de Agronomia que me ajudaram a “pensar florestal” de uma forma abrangente e integrada e me deram bases sólidas para o desenvolvimento da minha carreira profissional.

Aos colegas do meu grupo de trabalho, pelo apoio e motivação.

Aos colegas do Centro de Estudos Florestais, pela partilha de momentos de descontração.

A todos os que ao longo da minha vida contribuíram para que eu chegasse até aqui.

À minha família que sempre me apoiou.

RESUMO

Em Portugal as orientações estratégicas sobre o tipo de floresta preconizado para o longo-prazo foram no século XXI determinadas por instrumentos de planeamento, nomeadamente a Estratégia Nacional para as Florestas e os Programas Regionais de Ordenamento Florestal. No entanto, na determinação da evolução das áreas de ocupação das espécies florestais, não foi considerada de forma quantitativa, integrada e otimizada, a potencial influência da evolução dos mercados internacionais.

Neste contexto, a investigação sobre Modelos Sectoriais para a Florestal, ao incidir sobre a modelação económica da cadeia de produção de base florestal abrangendo a oferta de matérias-primas, a sua transformação industrial, a procura dos produtos de base florestal e o comércio internacional, poderá contribuir para a fundamentação do planeamento estratégico florestal. Estes modelos maximizam o excedente social do sector, determinando endogenamente as quantidades, preços e fluxos dos produtos entre os diferentes agentes económicos e mercados.

O objectivo deste estudo é o de avaliar a possibilidade de aplicação de um destes modelos ao sector florestal português de forma a que o modelo possa ser usado como ferramenta de apoio à decisão de planeamento estratégico florestal. Para tal, é realizada uma breve caracterização económica e estrutural da cadeia de produção de base florestal em Portugal e é efectuado um levantamento sistemático da informação publicada sobre Modelos Sectoriais para a Floresta. Com base nesta informação são analisadas as dimensões caracterizadoras dos modelos e com maior detalhe as que se relacionam directamente com a componente de oferta de matérias-primas nomeadamente o crescimento e gestão florestais.

Desta análise conclui-se que não existe actualmente uma tipologia de Modelos Sectoriais para a Floresta que abranja as especificidades estruturais da cadeia de produção florestal em Portugal. Dada a inexistência de um modelo “ideal” são propostas duas tipologias inovadoras para o desenvolvimento de um modelo sectorial para o sector florestal português.

Palavras-chave:

modelo sectorial; modelo de equilíbrio parcial; sector florestal; planeamento estratégico; optimização.

ABSTRACT

In Portugal, the strategic guidelines for the development of the forest sector over the long-term were, in the 21st century, determined by Planning Acts, namely the National Strategy for Forests and the Regional Forest Plans. However, when providing targets for forest cover type areas, the potential influence of trends in international markets was not quantitatively considered, integrated and optimized.

In this context, the research of Forest Sector Models, which focuses on the economic modelling of the forest-based production chain covering the supply of raw materials, its industrial transformation, the demand for forest-based products and international trade, may contribute to enhance Portuguese forest strategic planning. These models maximize the sector's social surplus, endogenously determining the quantities, prices and flows of products between the different economic agents and markets.

The aim of this study is to evaluate the possibility of implementation of one of these models to the Portuguese forestry sector in such a way that it can be used as a decision support tool for strategic forest planning. To this end, a brief economic and structural characterization of the forest-based production chain in Portugal is carried out as well as a systematic review of the publications on Forest Sector Models. Based on this information, the characterizing dimensions of the models are analyzed detailing those directly related to the supply of raw materials, namely forest growth and forest management.

This analysis concludes that there is currently no typology of Forest Sector Models covering the structural specificities of the forest-based production chain in Portugal. Given the lack of an "ideal" model, two innovative typologies are proposed for the development of a Forest Sector Model for the Portuguese forestry sector.

Keywords:

sector model; partial equilibrium model; forest sector; strategic planning; optimization.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GERAL.....	III
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS	VII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ÂMBITO DO ESTUDO.....	1
1.2. OBJECTIVOS.....	3
1.3. ESTRUTURA	3
2. ENQUADRAMENTO	5
2.1. CONCEITO DE MODELO DE SECTOR PARA A FLORESTA	5
2.2. O PLANEAMENTO ESTRATÉGICO FLORESTAL EM PORTUGAL	6
2.3. ESTUDOS ANTERIORES	10
2.4. A CADEIA DE PRODUÇÃO DE BASE FLORESTAL.....	13
2.4.1. SILVICULTURA E EXPLORAÇÃO FLORESTAL	16
2.4.2. FILEIRA DA MADEIRA E DO MOBILIÁRIO	20
2.4.3. FILEIRA DA PASTA, PAPEL E CARTÃO	22
2.4.4. FILEIRA DA CORTIÇA	24
2.4.5. FILEIRA DA BIOMASSA PARA ENERGIA.....	27
3. METODOLOGIA	29
3.1. REVISÃO DE LITERATURA SOBRE MODELOS SECTORIAIS PARA A FLORESTA	29
3.1.1. PESQUISA E SELEÇÃO DE INFORMAÇÃO DE BASE	29
3.1.2. ORGANIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO DE BASE	31
3.2. DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS SECTORIAIS PARA A FLORESTA.....	33
3.2.1. CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO IDENTIFICADOS EM PUBLICAÇÕES DE REVISÃO	34
3.2.2. OUTROS CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO	38
3.3. FONTES DE INFORMAÇÃO ADICIONAIS	39
4. RESULTADOS.....	40
4.1. ABRANGÊNCIA DA ECONOMIA	40
4.2. DIMENSÃO ESPACIAL E ÂMBITO GEOGRÁFICO	40
4.3. CAPACIDADE DE PREVISÃO DAS CONDIÇÕES DE MERCADO	42
4.4. HORIZONTE TEMPORAL	43
4.5. ESCALA TEMPORAL DA OPTIMIZAÇÃO	43
4.6. NÍVEIS DE MERCADO	44
4.7. DIVERSIDADE DE PRODUTOS.....	45
4.8. GESTÃO FLORESTAL	47
4.9. ALTERAÇÃO DO USO DO SOLO	51
4.10. DINÂMICA DO CRESCIMENTO FLORESTAL	52
4.11. INCORPORAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO	60
5. DISCUSSÃO	61
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	68

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXOS	80
ANEXO 1 - EXEMPLO DE FORMULAÇÃO DE UM MODELO SECTORIAL PARA A FLORESTA	81
ANEXO 2 - ESQUEMA DAS FILEIRAS SILVO-INDUSTRIAIS.....	85
ANEXO 3 - LISTAS DE PUBLICAÇÕES	87
ANEXO 4 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DOS MODELOS SECTORIAIS PARA A FLORESTA.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Balança comercial dos materiais de origem florestal	14
Figura 2. Esquema da cadeia de produção de base florestal	14
Figura 3. Valor acrescentado bruto da fileira florestal.....	15
Figura 4. Importância relativa da fileira florestal nas exportações nacionais de bens (2000-2017).....	16
Figura 5. Distribuição das áreas por espécie florestal dominante (2015).....	17
Figura 6. Distribuição das áreas por espécie florestal dominante (1995-2015)	18
Figura 7. Produção de bens silvícolas (2001-2017)	19
Figura 8. Produção de serviços silvícolas e de exploração florestal (2001-2017)	19
Figura 9. Exportações por produto da fileira da madeira e mobiliário (2000-2017)	21
Figura 10. Exportações por produto da fileira da pasta, papel e cartão (2000-2017)	24
Figura 11. Exportações por produto da fileira da cortiça (2000-2017)	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais marcos do planeamento florestal em Portugal.....	9
Tabela 2. Evolução da produção de papel por tipos (2007-2016)	23
Tabela 3. Processo de seleção de publicações.....	30
Tabela 4. Distribuição da quantidade de publicações encontradas e seleccionadas.....	31
Tabela 5. Critérios de organização da informação de base	32
Tabela 6. Classificação das publicações identificadas na pesquisa inicial.....	33
Tabela 7. Critérios de classificação dos MSF em Adams e Haynes (1999)	35
Tabela 8. Critérios de classificação dos MSF em Buongiorno et al. (2003)	36
Tabela 9. Critérios de classificação dos MSF em Latta et al. (2013).....	37
Tabela 10. Outros critérios de classificação dos MSF	38
Tabela 11. Conjunto dos critérios para classificação dos MSF	38

LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

CEE - Comunidade Económica Europeia

CGEM - *Computable General Equilibrium Model*

CEPI - *Confederation of European Paper Industries*

EFI - *European Forest Institute*

ENF - Estratégia Nacional para as Florestas

FAO - *Food and Agriculture Organization*

ICNF - Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas

IFADAP - Instituto de Financiamento e Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura e Pescas I.P. (actual
IFAP - Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas I.P.)

IFN6 - 6º Inventário Florestal Nacional

IIASA - *International Institute for Applied Systems Analysis*

INE - Instituto Nacional de Estatística

IQE - Índice de Qualidade da Estação

FAOSTAT - *Food and Agriculture Organization Statistics Division*

MSF - Modelo Sectorial para a Floresta

PAC - Política Agrícola Comum

PDAR - Plano de Desenvolvimento Agrícola Regional

PEM - *Partial Equilibrium Model*

PGF - Plano de gestão florestal

PIB - Produto Interno Bruto

PROF - Planos/Programas Regionais de Ordenamento Florestal

RCM - Resolução de Conselho de Ministros

QCA - Quadro de Apoio Comunitário

USDA - *United States Department of Agriculture*

VAB - Valor Acrescentado Bruto

VES - Valor Esperado do Solo

1. INTRODUÇÃO

1.1. Âmbito do estudo

A floresta é a categoria de uso do solo que ocupava maior área em Portugal continental em 2015 (36% do território - ICNF, 2019b). A actividade económica de base florestal, constitui um importante contributo para a economia nacional com destaque para o nível elevado das exportações e do nível de emprego (AIFF, 2013; ICNF, 2015).

Os espaços florestais arborizados em Portugal continental, são 84,2% de posse privada (dos quais 6,5% pertencem a empresas industriais) e comunitária 13,8%, sendo apenas 2% do domínio privado do Estado (AIFF, 2013; ICNF, 2015). A estrutura fundiária da propriedade florestal é normalmente percebida como incompatível com uma escala mínima de rentabilidade quando se exerce uma gestão activa. No entanto, a estrutura da propriedade não é inteiramente conhecida, pois não existe cadastro das propriedades florestais no Norte e Centro do País, correspondendo a cerca de metade do território Continental (AIFF, 2013; ICNF, 2015). Por outro lado, os riscos associados à floresta, principalmente o risco de incêndio florestal, requerem também uma gestão activa à escala da paisagem capaz de ultrapassar obstáculos que decorrem da fragmentação fundiária (ICNF, 2015). Face à importância da floresta para o País e às dificuldades de obtenção de escala para a implementação da gestão activa, o Estado tem procurado ao longo do tempo e de forma mais ou menos explícita, implementar estratégias de desenvolvimento do sector florestal. Estes processos assumiram a forma de grandes planos e programas de arborização desde o final do século XIX, passando, a partir da adesão à CEE em 1986, a estar implicitamente organizados sob a forma de atribuição de apoios públicos no âmbito dos Quadros Comunitários de Apoio (QCA) e Política Agrícola Comum (PAC). Desde o ano de 2006 surgiram paralelamente, instrumentos formais de planeamento florestal à escala nacional enquadrados pelo regime jurídico dos instrumentos de gestão territorial definido inicialmente pelo Decreto-lei nº 380/99 de 22 de Setembro.

A escolha do tema do presente estudo teve como base o reconhecimento de que no histórico dos processos de planeamento estratégico florestal em Portugal (ponto 2.2), não tem sido utilizada informação quantitativa caracterizadora do sector florestal enquanto fileira de actividade económica, que permitisse a sua modelação, nomeadamente dos fluxos existentes entre os diferentes agentes económicos da cadeia de produção florestal e das suas interações (Borges, 1997; Borges, 2017, com. pess.; Louro, 2011).

Tendo o sector florestal português uma orientação exportadora, numa economia em crescente globalização (Rego, Constantino e Louro, 2014), torna-se ainda mais relevante considerar as perspectivas de evolução dos mercados internacionais no âmbito da tomada de decisão em investimento florestal (McKillop, 1967; Singh & Nautiyal, 1986) e do planeamento estratégico e integrado da produção de matéria-prima e da capacidade industrial (Kallio, Dykstra & Binkley, 1987).

Existem neste âmbito, estudos prospectivos quantitativos da evolução dos mercados a nível internacional e que se baseiam habitualmente em informação estatística histórica sectorial que, em alguns casos, é utilizada por ferramentas de modelação quantitativa de sectores económicos, incluindo o sector florestal (Latta, Sjølie, e Solberg, 2013). Estes modelos são designados por modelos sectoriais e baseiam-se na modelação do problema de equilíbrio parcial de mercado, considerando múltiplas regiões e maximizando a soma dos excedentes do consumidor e do produtor para o sector em causa. Esta modelação foi inicialmente desenvolvida por Samuelson (1952) (Latta et al., 2013) com base na formulação teórica de Enke (1951) (Samuelson, 1952).

Estes modelos sectoriais ao caracterizarem de forma quantitativa, através de relações matemáticas, os fluxos de produtos entre agentes económicos e diferentes regiões, permitem estimar pontos de equilíbrio para diferentes condições de mercado, através de técnicas de optimização. Ao determinar um ponto de equilíbrio de mercado, estes modelos dão informação sobre a evolução, ao longo do tempo, dos valores das variáveis endógenas (p.e. preços e quantidades de diferentes produtos florestais). Os Modelos Sectoriais para a Floresta são assim, uma ferramenta de previsão das condições futuras do mercado do sector florestal permitindo, para além disso, avaliar o impacto potencial de diferentes políticas sobre esse mercado (Kallio et al., 1987).

Os resultados da aplicação destes modelos são incorporados em alguns estudos prospectivos internacionais para o sector florestal e que são geralmente desenvolvidos por organizações internacionais, entre outras a FAO e o Instituto Florestal Europeu (EFI), mas também pela administração pública (USDA), por algumas empresas de consultoria internacionais do sector florestal (RISI Inc.) e por associações empresariais de âmbito internacional (CEPI). Os referidos modelos são os designados internacionalmente por *Forest Sector Models*, sendo a tradução livre para português e usada neste documento, de Modelos Sectoriais para a Floresta (MSF).

Como referido em Louro (2011) apesar da importante contribuição histórica do sector florestal para o desempenho da economia nacional, existe ainda uma lacuna de modelos gerais da estrutura económica e de tendências do sector florestal. Estes modelos já foram, no entanto, aplicados fora de Portugal, principalmente com o objectivo de conseguir prever o impacto no sector, de variações de preços dos produtos florestais no mercado internacional (e.g. Solberg, Moiseyev, & Toppinen, 2010) e da aplicação de diferentes políticas sectoriais (e.g. Zhu, Buongiorno, & Brooks, 2001). A estimativa desses impactos concretiza-se na geração de um novo ponto de equilíbrio de mercado, produzindo informação, dependendo do modelo, sobre por exemplo previsões de alterações no uso do solo (e.g. Adams, Alig, McCarl, Callaway, & Winnett, 1996) e das quantidades de matéria-prima disponível e sua evolução de preço (e.g. Moiseyev, Solberg, Michie, & Kallio, 2010).

O tipo de informação preditiva e quantitativa produzida pelos Modelos Sectoriais para a Floresta, constitui uma importante base de trabalho para o processo de planeamento estratégico florestal, sendo que não existindo casos de aplicação destes modelos em Portugal, o presente estudo pretende dar um contributo para o seu desenvolvimento e incorporação no processo de planeamento estratégico florestal em Portugal.

O âmbito da Dissertação insere-se, portanto, na área de estudo do planeamento florestal, abrangendo essencialmente as vertentes económica e de apoio à decisão.

1.2. Objectivos

Os Modelos Sectoriais para a Floresta tentam exprimir quantitativamente as relações entre os vários agentes económicos da cadeia de produção do sector florestal, permitindo simular os efeitos de variáveis exógenas ao sector (p.e. de contexto macroeconómico) sobre as variáveis endógenas (relativas ao funcionamento do sector). Estes modelos são instrumentos que permitem prever, como, quanto e quando irão variar a produção, o consumo, as importações e exportações e os preços dos produtos florestais pelo efeito de forças internas ou externas ao sector (Buongiorno, Zhu, Zhang, Turner, & Tomberlin, 2003).

No contexto em que a natureza exportadora da fileira florestal portuguesa, reflecte a vantagem comparativa de Portugal na produção florestal (Reboredo, 2014), é estrategicamente vantajoso poder usufruir de um instrumento de apoio à decisão que integre as variáveis de produção e transformação florestal nacionais, com as dos mercados internacionais. Estes modelos aparentam, pois, ter o potencial para orientar as opções de planeamento quanto à escolha de espécies a expandir, diminuir ou manter em determinada região, com base numa determinada capacidade industrial e perspectivas de evolução dos mercados florestais internacionais.

O objectivo principal deste estudo é o de avaliar a potencial aplicação de um MSF ao sector florestal em Portugal continental, como componente do processo de planeamento estratégico florestal.

Não se pretende neste estudo, desenvolver uma avaliação de todos os aspectos relacionados com os “Modelos de Sector”, mas sim fazer uma análise focada no objectivo da Dissertação. Neste sentido e de forma a garantir uma estrutura de análise consistente, o objectivo principal foi desagregado em algumas questões mais específicas:

- Quais as características estruturais da cadeia de produção florestal portuguesa?
- Que tipo de Modelos Sectoriais para a Floresta existem actualmente?
- Os tipos de MSF existentes são aplicáveis ou facilmente adaptáveis ao sector florestal português? Quais os factores mais relevantes a considerar na potencial adaptação a Portugal?

1.3. Estrutura

A Dissertação está estruturada em seis capítulos, apresentando-se em seguida uma breve descrição de cada um deles:

1. Introdução

O presente capítulo descreve o enquadramento geral da Dissertação, em termos do seu âmbito, objectivos e estrutura.

2. Enquadramento

Com o intuito de facilitar a compreensão das características mais relevantes na avaliação da oportunidade e vantagens da aplicação de um MSF ao sector florestal português, realiza-se uma explicitação do contexto do planeamento estratégico florestal com referência às principais características da cadeia de produção de produtos de base florestal em Portugal. Adicionalmente, e dado que o tema em análise foi até ao momento pouco abordado em termos nacionais e também dada a sua natureza interdisciplinar, efectua-se neste capítulo a clarificação prévia de alguns conceitos fundamentais.

3. Metodologia

São neste capítulo descritos de forma sistemática os procedimentos utilizados para a obtenção, organização e análise da informação relevante que potencialmente permitiria cumprir os objectivos do estudo. São descritos nomeadamente, os processos de:

- pesquisa de informação sobre os MSF existentes, sua selecção e organização;
- definição dos critérios para a tipificação dos MSF no âmbito dos objectivos definidos;
- apresentação da descrição e tipificação dos MSF de acordo com os critérios seleccionados (capítulo Resultados);
- análise crítica e discussão dos MSF e da sua potencial aplicação ao sector florestal português (capítulo Discussão).

4. Resultados

A informação recolhida é neste capítulo, resumida e sistematizada, de uma forma direccionada, indo ao encontro dos objetivos estabelecidos. É realizada uma descrição dos MSF de acordo com os critérios definidos, sendo destacados os aspectos mais relevantes para a posterior discussão, procurando-se estabelecer as bases para a realização de comparações entre as tipologias dos MSF e do sector florestal português.

5. Discussão

Neste capítulo é realizada uma análise crítica e discussão dos MSF entre eles e em relação às características do sector florestal português. São também discutidos os MSF com maior potencial de adaptação ao sector florestal português.

6. Conclusões e recomendações

São neste capítulo destacados os aspectos mais relevantes do estudo realizado, identificando-se as principais potencialidades de implementação de um MSF para o sector florestal português.

2. ENQUADRAMENTO

O presente estudo tem subjacente o contexto específico do sector florestal português, sendo que não se pretendendo realizar uma caracterização sectorial exaustiva, nos próximos pontos é efectuada a análise, pertinente para este estudo, nomeadamente sobre o processo de planeamento estratégico florestal (ponto 2.2) e sobre a estrutura da cadeia de produção de base florestal em Portugal continental (ponto 2.4). Adicionalmente, é também realizada referência a vários estudos anteriores (2.3). Começa-se, no entanto, por clarificar o conceito de Modelo de Sector para a Floresta.

2.1. Conceito de modelo de sector para a floresta

No âmbito deste estudo entende-se como Modelo de Sector para a Floresta, um modelo numérico baseado na Teoria económica de equilíbrio de mercado¹ que considera de forma integrada as diferentes componentes do sector florestal, nomeadamente:

- Oferta de matéria-prima florestal
- Transformação industrial
- Procura final de produtos de base florestal
- Comércio inter-regional de produtos florestais.

Esta definição baseia-se essencialmente nos conceitos de Kallio et al. (1987), Adams e Haynes (1999) e Buongiorno et al. (2003). Ou seja, não foi encontrada na literatura uma definição explícita e universalmente usada de Modelos de Sector para a Floresta. Tal pode dever-se ao facto de as possibilidades para a modelação do sector florestal terem evoluído ao longo do tempo, com o crescente conhecimento das técnicas de modelação e da informação disponível, pelo que o próprio conceito foi evoluindo de acordo com essas disponibilidades, mas de forma diversa consoante os autores. Numa definição mais detalhada, neste estudo os MSF são modelos económicos numéricos, baseados na aplicação da teoria económica de equilíbrio espacial² de preços (*spatial price equilibrium*) formulada por Enke (1951) e resolvida, através de programação matemática, por Samuelson (1952) maximizando o excedente ou bem-estar social líquido (*surplus* ou *net social welfare*) considerando vários mercados espacialmente separados. Nesta forma, os MSF determinam endogenamente os níveis de oferta e procura (quantidade e preço) e de comércio bilateral de produtos florestais, condicionados exogenamente pela actividade económica fora do sector (Buongiorno et al., 2003; Turner & Buongiorno, 2003). São assim modelos parciais, no sentido em que consideram que o sector florestal não tem um impacto significativo no conjunto dos restantes sectores

¹ As formulações da Teoria de equilíbrio de mercado têm evoluído ao longo do tempo, sendo que Samuelson (1952) se baseou na de Cournot, A. A. (1838) - *Mathematical Principles of the Theory of Wealth*

² A componente espacial da Teoria de equilíbrio de mercado, refere-se ao facto do comércio, entre mercados espacialmente separados, ocorrer quando a diferença de preços entre eles (para um mesmo produto, ou equivalente), for superior aos custos de transporte entre esses mercados, tal como resolvido em Samuelson (1952).

económicos e que os custos gerais, como os custos do trabalho, do capital, dos combustíveis, da energia, etc. são independentes da atividade do sector florestal (Sjølie, 2011). Torna-se assim possível simular os efeitos de variáveis exógenas, como alterações dos níveis de procura de produtos finais, implementação de apoios públicos ou de taxas alfandegárias, nas diferentes etapas da cadeia de produção da fileira florestal.

Uma designação mais completa do conceito de MSF que constituiu a ideia original deste estudo será: Modelo Espacial de Equilíbrio Parcial de Mercado para o Sector Florestal. Como se verá ao longo deste estudo, existem alguns modelos que apresentam variações a este conceito, mas que foram ainda assim incluídos na análise. No Anexo 1 é apresentado um exemplo da formulação matemática de um MSF.

2.2. O planeamento estratégico florestal em Portugal

A análise crítica sobre os exercícios de planeamento estratégico florestal em Portugal, é relevante para este estudo confirmando a não utilização, até ao momento, dos MSF nos processos de planeamento estratégico florestal em Portugal. Para além disso esta análise contribuirá para a compreensão da lógica subjacente aos processos de planeamento estratégico ao longo da história.

Na Era Moderna, os primeiros exercícios de planeamento florestal a grande escala geográfica e temporal, em Portugal ocorreram desde os finais do século XIX (Tabela 1) e tiveram como fundamento as necessidades de protecção do solo e do regime hídrico. Mais tarde, em meados do século XX, estes exercícios passaram também a incluir o aproveitamento económico do potencial produtivo do território (Reboredo, 2014).

São exemplos do primeiro caso, o Projecto Geral de Arborização dos Areais Móveis de Portugal (1897) (Reboredo, 2014) e o início da implementação do Regime Florestal (1901) através do Plano Geral de Arborização de Montanhas (1910) (DGRF, 2006a). A partir da implementação do designado Plano de Povoamento Florestal (Lei 1971 de 1938 - Lei do povoamento florestal), cujo objectivo era o da arborização das áreas comunitárias, a preocupação económica começou explicitamente a fazer parte dos objectivos de planeamento (Mendes, 2004; Radich & Baptista, 2005). A inclusão da função económica nos instrumentos de planeamento, tornou-se ainda mais evidente a partir de 1963/1964 quando o Fundo de Fomento Florestal foi reformulado para passar também a actuar explicitamente na propriedade privada (Mendes, 2004; Radich & Baptista, 2005). Foi, no entanto, já na década de 80 do século XX, com a implementação do Projecto Florestal Português, financiado pelo Banco Mundial, que os objectivos económicos foram mais evidentes ao focar-se na arborização com espécies para fornecimento de matéria-prima industrial e consideradas na altura de rápido crescimento (pinheiro-bravo e eucalipto).

De uma forma geral, os referidos planos foram implementados essencialmente em áreas públicas, áreas abrangidas pelo Regime Florestal (incluindo as áreas comunitárias) e algumas áreas privadas (CESE, 1996), mas sendo a iniciativa e as orientações sempre das entidades florestais estatais

existentes em cada momento. Só a partir da entrada de Portugal na CEE em 1986 é que a utilização dos instrumentos de financiamento público, cuja intenção era a de estabelecer orientações para a florestação da propriedade privada, passaram a ser da responsabilidade e iniciativa dos próprios proprietários (Radich & Baptista, 2005). O controlo e aprovação dos planos apresentados pelos privados no âmbito do primeiro programa de financiamento comunitário, o PAF - Programa de Acção Florestal, foi realizado pelos serviços florestais (na altura a Direcção-Geral das Florestas) tendo essa competência, no seguinte programa de apoio o PDF - Plano de Desenvolvimento Florestal, passado para a responsabilidade da entidade gestora dos financiamentos, o IFADAP (Mendes, 2004).

De qualquer forma e com a quase nula contribuição dos serviços florestais no desenho dos instrumentos de financiamento público para o sector florestal (Mendes, 2004), não se pode considerar que estes programas de apoio constituam um plano estratégico florestal. Os programas de financiamento público estabeleciam uma abrangente listagem de espécies florestais elegíveis, algumas vezes com níveis de apoios diferenciados entre espécies, regiões e dimensão dos projectos, mas o proprietário era essencialmente livre para escolher a espécie pretendida. Fora do âmbito dos programas de financiamento público, também não existiam directrizes estratégicas para o desenvolvimento florestal.

Só em 1996, com a aprovação na Assembleia da República da Lei de Bases da Política Florestal (Lei n.º 33/96 de 17 de Agosto) é que surgiu pela primeira vez um instrumento legal cujo objecto era a definição de uma política florestal à escala nacional como elemento “fundamental ao desenvolvimento e fortalecimento das instituições e programas para a gestão, conservação e desenvolvimento sustentável das florestas e sistemas naturais associados...” visando “...a satisfação das necessidades da comunidade, num quadro de ordenamento do território.”

No entanto, foi só entre Julho de 2006 e Abril de 2007, e no cumprimento dos princípios estabelecidos na Lei de Bases da Política Florestal, que surgiram os primeiros instrumentos formais de planeamento com abrangência nacional, no caso ainda com desagregação regional, os designados Planos Regionais de Ordenamento Florestal (DGRF, 2006b; DGRF, 2007). Estes basearam-se numa lógica de utilização multifuncional dos espaços florestais, definindo entre outros os espaços florestais com função primordial de produção. No entanto, os aspectos relacionados com a perspectiva de evolução dos mercados internacionais, não foi considerada no estabelecimento de metas (para os anos de 2025 e 2045) relativas às áreas de ocupação das diferentes espécies florestais. Estas metas tiveram em consideração aspectos relacionados com o potencial edafo-climático de cada região para as principais espécies produtivas bem como o contributo de especialistas quanto às tendências desejadas.

De referir que na mesma altura, foi também publicado o Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (RCM nº 65/2006 de 26 de Maio), onde foram definidos objectivos e estratégias à escala nacional no âmbito da defesa da floresta contra os incêndios, não tendo, no entanto, implicações estratégicas quanto à escolha de espécies e à expansão, contração ou manutenção da sua área de ocupação a nível nacional.

Quase em simultâneo com a publicação dos primeiros PROF em Julho de 2006, foi publicado, em Setembro de 2006, o primeiro exercício de planeamento estratégico à escala nacional a Estratégia Nacional para as Florestas (ENF) (DGRF, 2006a). Mantendo uma lógica multifuncional para a utilização dos espaços florestais, foi neste documento estabelecida uma especialização do território à escala nacional. Esta lógica teve como objectivo maximizar o valor económico total da floresta utilizando as espécies e os sistemas que produzissem maior riqueza social por hectare (DGRF, 2006a). Assim, foram definidas áreas de produção lenhosa, áreas de gestão multifuncional e, áreas costeiras e outras áreas classificadas.

A lógica utilizada na definição das áreas de produção lenhosa baseou-se no potencial produtivo das principais espécies lenhosas existentes no território (eucalipto e pinheiro-bravo), classificando-se como áreas de produção lenhosa aquelas que apresentavam maior produtividade, no caso maiores que 6 m³/ha/ano e 10 m³/ha/ano (pinheiro-bravo e eucalipto, respectivamente). Foram ainda apresentadas as áreas de ocupação previstas em 2030, para as diferentes espécies florestais, em cada região PROF, não sendo, no entanto, explícito o processo de obtenção desses valores. A este respeito é de notar que o ponto 2.4. Integração Internacional e Riscos de Mercado da ENF, sendo pouco detalhado, não apresentou relações quantitativas com a evolução prevista dos mercados internacionais, pelo que se assume que a influência desses mercados não foi considerada quantitativamente na definição das áreas de ocupação em 2030.

No subsequente processo de revisão da ENF que culminou na sua publicação em 2015 na RCM n.º 6-B/2015, de 4 de Fevereiro, a determinação de áreas de produção lenhosa continuou a basear-se na lógica de maximização do potencial produtivo com base nas condições climáticas (Índice de Paterson). Foram neste âmbito propostos para 2030, um cenário de evolução mínimo e um cenário de evolução máximo, em que no mínimo se propõe manter a área arborizada em 2010 e num máximo aberto, atingir a taxa máxima de arborização historicamente conhecida de 3,5 milhões de hectares (ICNF, 2015). Estas metas consideram ainda a necessidade de se evoluir no sentido de dar resposta às necessidades das principais fileiras silvo-industriais (pinheiro-bravo, eucalipto e sobreiro), mas também o de potenciar o aumento de áreas ocupadas por outras espécies (ICNF, 2015).

Apesar de também na actual versão da ENF ser abordado o tema da “integração internacional e riscos de mercado”, são neste âmbito, apenas realizadas referências qualitativas, em relação à tendência de evolução história dos preços internacionais e às perspectivas da sua evolução futura. Não é, no entanto, perceptível a sua influência quantitativa na definição das metas para as espécies florestais que fornecem matéria-prima às indústrias de base florestal. De facto, tal como é reconhecido na própria ENF: “Há falta de informação sobre aspectos fundamentais do sector florestal português. ...aumenta as incertezas e os riscos... dificulta a elaboração e implementação de políticas para o sector e a monitorização e avaliação do impacte dessas políticas.”

Também no processo de revisão dos PROF, quanto à proposta de evolução das áreas arborizadas, foram considerados factores como a influência das alterações climáticas, mas foi essencialmente a espacialização da aptidão e produtividade de cada uma das espécies consideradas em cada região PROF, que determinou o sentido da evolução da área arborizada (ICNF, 2019c).

Tabela 1. Principais marcos do planeamento florestal em Portugal

Ano	Evento de planeamento
1802	Primeiros projectos de base científica e metódicos de arborização das dunas móveis, realizados por Bonifácio de Andrada e Silva (Intendência Geral de Minas)
1864	Primeiro plano de gestão florestal (Matas Nacionais da Machada e Vale do Zebro), por Bernardino Barros Gomes (Administração Geral das Matas do Reino)
1867	Inventário florestal de Portugal continental no “Relatório Acerca da Arborização Geral do País”, por Carlos Delgado e Nery Ribeiro (Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria)
1897	“Projecto Geral de Arborização dos Areais Móveis de Portugal”, por Joaquim Ferreira Borges e outros (Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria)
1901 - 1905	Aprovação do Regime Florestal, desenvolvimento dos conceitos de planos de gestão ou de projectos de arborização (Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria)
1910	“Plano geral de arborização de montanhas”, por Joaquim Ferreira Borges (Serviços Florestais)
1938	“Plano de Povoamento Florestal”, por Prof. Francisco dos Santos Hall (Ministério da Agricultura)
1949	“1º Plano de Fomento”, cria o “Fundo de Fomento Florestal” (Ministério da Economia)
1954	“Planos Regionais de Arborização”, para beneficiar terrenos (incluindo a sua arborização), tidos como indispensáveis para garantir a fixação e conservação do solo (Ministério da Economia)
1963 - 1964	Reformulação do Fundo de Fomento Florestal - relança a política de florestação privada (Ministério da Agricultura)
1972	Plano geral do Parque Nacional da Peneda-Gerês (Ministério da Agricultura)
1974 - 1980	Propostas técnicas e legislativas sobre Zonas de Intervenção Florestal (ZIF) (vários autores)
1987	Criação dos Planos de Desenvolvimento Agrícola Regionais - PDAR (Ministérios da Agricultura, Pescas e Alimentação e do Planeamento e Ordenamento do Território)
1996	Lei de Bases da Política Florestal. Cria os PROF e PGF (Assembleia da República)
1999	Adopção do Plano de Desenvolvimento Sustentável da Floresta Portuguesa (Ministério da Agricultura)
1999	Regulamentação dos PROF e PGF (Ministério da Agricultura)
2003 - 2005	Criação da figura legal das ZIF (Ministério da Agricultura)
2006	Estratégia Nacional para as Florestas e Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (Ministério da Agricultura)
2006 - 2007	Publicação dos PROF 1ª geração (Ministério da Agricultura)
2006	Aprovação da ENF (Ministério da Agricultura)
2015	Revisão da ENF (Ministério da Agricultura)
2017 - 2018	Revisão e publicação dos PROF de 2ª geração (Ministério da Agricultura)

Fonte: adaptado e acrescentado a partir de Pinho (2014). Nota: por simplificação foi adoptada a designação geral de “Ministério da Agricultura” uma vez que esta designação apresentou variações ao longo do tempo.

Estes exercícios de planeamento estratégico florestal de médio-longo prazo à escala regional e nacional, têm seguido essencialmente a lógica do aproveitamento do potencial produtivo das principais espécies florestais, sujeito às restrições biofísicas e de ordenamento do território, por forma a determinar objectivos de expansão, retração ou manutenção da área de cada espécie, em cada uma das escalas espaciais e temporais em análise. Ou seja, na definição de metas a médio-longo prazo para a evolução da área de ocupação de cada espécie florestal em Portugal continental, não tem sido considerada de forma quantitativa e integrada a influência da evolução prevista da procura de matéria-prima e respectivos preços nos mercados internacionais. Este aspecto, poderá dever-se não a questões de conceptualização do processo de planeamento, mas a lacunas de informação de base económica que caracterizem os fluxos da cadeia de produção florestal nacional e a sua relação com os mercados internacionais.

2.3. Estudos anteriores

Para além dos processos formais e oficiais de planeamento estratégico florestal, existem alguns estudos de caracterização do sector, que em alguns casos foram uma fonte de informação para a elaboração de instrumentos de planeamento estratégico florestal como é o caso da ENF e dos PROF. São exemplos mais significativos os seguintes estudos:

- Relatório de caracterização da fileira florestal (AIFF, 2014)
- Estudo prospetivo para o sector florestal. Relatório final (AIFF, 2013)
- Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação - Projecto SIAM II (Santos & Miranda, 2006)
- Os proprietários florestais (Baptista e Santos, 2005)
- Valuing Mediterranean Forests. Towards Total Economic Value (Merlo & Croitoru, 2005)
- The Portuguese Forests. Country level report delivered to the EFFE Project, Evaluating Financing of Forestry in Europe (Mendes et al., 2004)
- O Sector Florestal Português, Documento de Apoio ao Seminário do CESE (CESE, 1996)
- Propostas para o Desenvolvimento Sustentável da Floresta Portuguesa (BPI, 1996)
- Construir as Vantagens Competitivas de Portugal (Monitor Company, 1994)

sendo ainda de referir outros estudos de âmbito mais específico, nomeadamente:

- Cortiça - Estudo de caracterização setorial. Estatísticas e prospetiva. (APCOR, 2015)
- Análise do sector e da fileira da cortiça em Portugal. Relatório final (Autoridade da Concorrência, 2012)
- Estrutura e caracterização das importações de mobiliário: Estudo de diagnóstico e plano estratégico de adequação da oferta (AIMMP, 2012)

- Estratégias para a reestruturação e modernização da indústria da serração de madeira em Portugal. (AIMMP, 2010).

No entanto, na maior parte dos casos, estes estudos têm tido uma abordagem essencialmente descritiva, sendo em alguns estudos identificadas as relações entre as diferentes etapas da cadeia de produção como é o caso em APCOR (2015), AIFF (2013, 2014), Autoridade da Concorrência (2012), CESE (1996) e BPI (1996).

Nestes estudos, não foi considerado enquanto factor de influência quantitativo, a evolução prevista do mercado internacional do sector, fazendo-se em alguns casos uma análise de tendências recorrendo a informação de especialistas. É o caso do estudo da AIFF (2013) em que, com base nas perspetivas das organizações industriais, relativamente à evolução prevista da procura de matérias-primas florestais, são realizadas simulações a longo prazo, para dois cenários, quanto à disponibilidade de matérias-primas florestais (madeira de eucalipto e de pinheiro-bravo e de cortiça). Foram para este efeito, usados os simuladores (baseados em modelos de crescimento) SIMPLOT para o pinheiro-bravo e o eucalipto (Barreiro & Tomé, 2006, 2011, citados em AIFF, 2013) e o SUBER para o sobreiro (Paulo, 2011; Tomé et al., 1998, 1999, citados em AIFF, 2013). Um dos cenários considerou a manutenção de tendências da última década e o outro reflecte um conjunto de condições para o desenvolvimento florestal. No entanto as expectativas de procura de matéria-prima, foram apenas usadas para efeitos de comparação com os resultados dos valores de oferta simulados em ambos os cenários, não sendo consideradas como seus determinantes. Ou seja, os níveis de procura não contribuíram como variáveis nas simulações e, portanto, não foi possível verificar o seu efeito nos preços e quantidades da oferta. Tratou-se da aplicação do conceito de análise de lacunas (*gap analysis*).

Destaca-se ainda a tese de Doutoramento “Modelo global para as fileiras silvo-lenhosas” (Louro, 2011) que teve como objectivo “...caracterizar e modelar a estrutura e o funcionamento das actividades económicas sustentadas pelo uso de madeira, como matéria-prima, seguindo uma abordagem sectorial do sistema produtivo.” Este estudo destaca-se por ser o que mais se aproxima da aplicação do conceito de um MSF em Portugal.

Neste estudo foram desenvolvidas equações econométricas para modelar a oferta e a procura dos produtos florestais mais importantes no mercado interno (exceptuando os de cortiça), nomeadamente a madeira serrada, os painéis de madeira, a pasta de madeira e o papel e cartão. O estabelecimento de equações econométricas teve como base longas séries de dados (1961 - 2006) relativas, entre outras, a preços de produtos florestais e a variáveis macro-económicas e dos sectores compradores de produtos florestais (por exemplo o sector da construção e o sector das publicações periódicas). Em particular, é estudada a repercussão no desempenho das fileiras silvo-lenhosas da disponibilidade de matéria-prima (madeira) de origem nacional e a sua influência nas decisões sobre capacidade industrial. A jusante no sistema produtivo, é analisada a influência do dinamismo das actividades económicas que consomem produtos de madeira no desempenho da fileira.

Relativamente aos resultados obtidos neste estudo refira-se que se identificaram relações significativas entre o nível da capacidade industrial e a disponibilidade de matéria-prima, mas surpreendentemente os preços não se evidenciaram como variável explicativa significativa (Louro, 2011).

Apesar da abordagem teórica deste estudo se basear, tal como nos MSF, na teoria económica de equilíbrio de mercado, o seu foco foi o mercado interno, ou seja, não considerou quantitativamente a influência dos mercados internacionais, para o desenvolvimento do sector florestal português e, portanto, também não a considerou para a construção das relações econométricas. Verificou-se, adicionalmente, que as equações econométricas desenvolvidas não foram posteriormente utilizadas para construir um MSF. Tal justificou-se com o facto evidenciado pela autora de que:

“Todavia, a modelação para o conhecimento e explicação do sector florestal português, pelo desenvolvimento de um modelo global, apresenta ainda aspectos a aperfeicoar, até pela importância e complexidade estrutural deste sector em Portugal.”

Foi ainda explicitado pela autora a necessidade de que “Nesse processo deverá atender-se ao aprofundamento das relações económicas entre as diferentes fileiras florestais, designadamente quanto aos interesses divergentes na utilização das matérias-primas,...”

Alguns aspectos que limitam a aplicação dos resultados de Louro (2011) na construção de um MSF para o sector florestal português, são:

- Não considera as fileiras do mobiliário, da cortiça e da biomassa para energia, no estabelecimento de relações econométricas;
- Do lado da oferta de matéria-prima (de pinheiro-bravo e de eucalipto), baseia-se na projecção dos dados de IFN de 1995/96 e de 2005/2006, através do processo de cadeias de Markov. Ou seja, para determinação da disponibilidade de matérias-primas não usa modelos de crescimento que podem incorporar os potenciais efeitos das alterações climáticas e dos diferentes modelos de gestão florestal. Analisa, no entanto, o efeito de diferentes variáveis exógenas, nomeadamente as probabilidades de incêndio, de corte e de conversão para povoamentos irregulares, nos volumes em pé e por consequência, na oferta de madeira serrada, painéis de madeira, pasta de madeira e de papel e cartão;
- Considera apenas o mercado interno, ou seja, não existe espacialização dos mercados de importação e exportação e, portanto, não considera custos de transporte, preços e quantidades disponíveis internacionalmente.

Refira-se, no entanto, que não foi objectivo deste estudo, estabelecer relações endógenas com mercados internacionais especializados, nem efectuar uma optimização do sector com avaliação do seu excedente social (*welfare*) com base nas relações comerciais totais (mercado interno e externo, produção florestal e sector industrial). Salienta-se que este estudo caracterizou os fluxos existentes em cada uma das fileiras silvo-lenhosas - madeira e mobiliário, pasta, papel e cartão (exceptuando, a fileira da cortiça), estabelecendo, uma base de trabalho para a caracterização da cadeia de produção

do sector florestal realizada no presente estudo (ver ponto 2.4). Alguns elementos do referido Doutoramento foram actualizados em Louro, Rego, Monteiro e Machado (2013) passando também a incluir fileira da bio-energia caracterizando-se os respectivos fluxos e relações com as restantes fileiras.

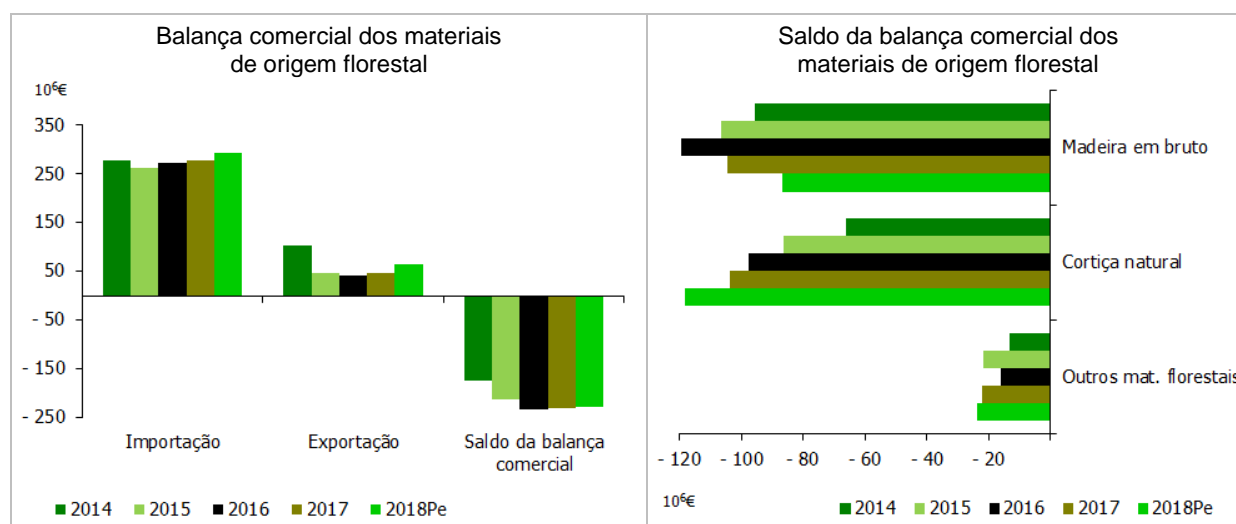
Numa apreciação geral dos estudos sectoriais, pode afirmar-se que tal como nos processos de planeamento estratégico florestal, a incorporação da informação económica não foi realizada numa base quantitativa e integrada desde a produção florestal, passando pela indústria e até aos mercados de produtos finais, com a excepção parcial de Louro (2011). Adicionalmente, as estimativas de evolução dos mercados internacionais quanto à oferta de matérias-primas e procura de produtos finais, não foi considerada em nenhum dos estudos numa base quantitativa e integrada.

Existe, portanto, espaço e oportunidade para o desenvolvimento e aplicação de um MSF ao sector florestal português.

2.4. A cadeia de produção de base florestal

A caracterização da estrutura da cadeia de produção dos diferentes produtos de base florestal, constitui uma importante base de informação para a seleção de um MSF. De facto, como se verá adiante, no ponto 5. Discussão, o conhecimento sobre o número de etapas produtivas, a diversidade de produtos e as interações com os mercados internacionais são um importante factor na determinação da estrutura do próprio MSF. Não se pretendeu, entretanto, realizar uma caracterização detalhada da estrutura do sector, nomeadamente identificando nº de empresas por tipologia, nº de trabalhadores, localização, etc. pois esse detalhe, não seria relevante para a escolha de um MSF para o sector florestal português. Para realizar a caracterização das principais indústrias de base florestal actualmente existentes em Portugal recorreu-se a diversa informação publicada, quer em estudos sectoriais, anuários e boletins informativos.

A cadeia de produção de base florestal inicia-se na floresta, ou seja, com a produção de matérias-primas primárias. Neste sentido entendeu-se relevante realizar no ponto seguinte, uma breve caracterização económica da produção florestal antes de analisar a estrutura da componente industrial da cadeia de produção de produtos de base florestal. Refira-se desde já, no entanto que ao nível das matérias-primas florestais existe um saldo negativo da balança comercial (Figura 1) que de acordo com as Contas Económicas da Silvicultura - 2017 (INE, 2019) atingiu em 2018 um valor previsto de -228,3 M€. Esta é uma situação que é recorrente e explicitada também pelas associações industriais através dos seus boletins estatísticos (APCOR, 2017; CELPA, 2017; Centro PINUS, 2017).



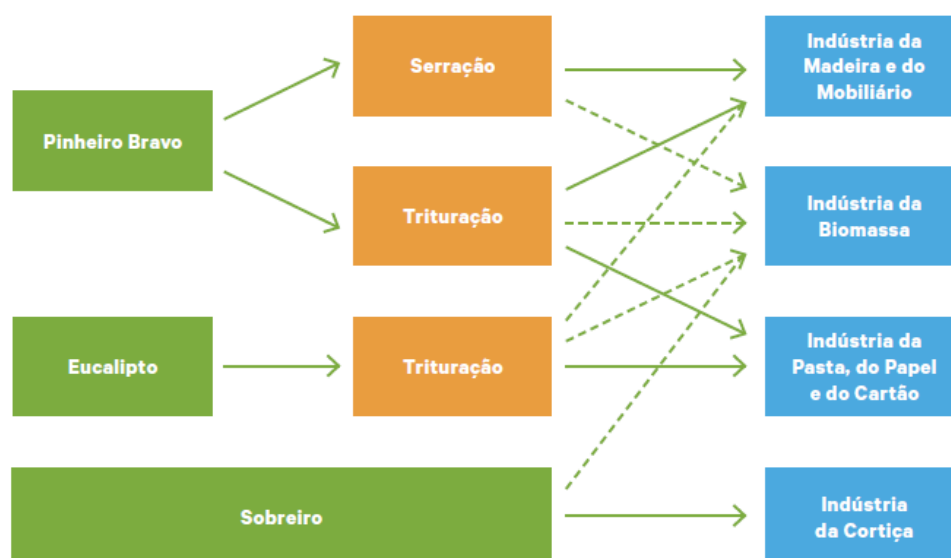
Fonte: Contas Económicas da Silvicultura - 2017 (INE, 2019). Nota: valores a preços correntes.

Figura 1. Balança comercial dos materiais de origem florestal

Integrando a produção florestal com a componente industrial de transformação de matérias-primas florestais, e analisando a cadeia produtiva numa perspectiva geral podemos identificar três principais fileiras produtivas, as quais têm uma forte ligação à espécie florestal fornecedora da matéria-prima, são elas as fileiras da:

- madeira e mobiliário (essencialmente baseada na madeira de pinheiro-bravo)
- pasta, papel e cartão (essencialmente baseada na madeira de eucalipto)
- cortiça (baseada no sobreiro).

Adicionalmente, e para além destas fileiras mais tradicionais, tem-se desenvolvido nos últimos anos a fileira da biomassa para energia. Assim, a cadeia de produção de base florestal pode ser explicitada de acordo com o esquema apresentado na Figura 2:



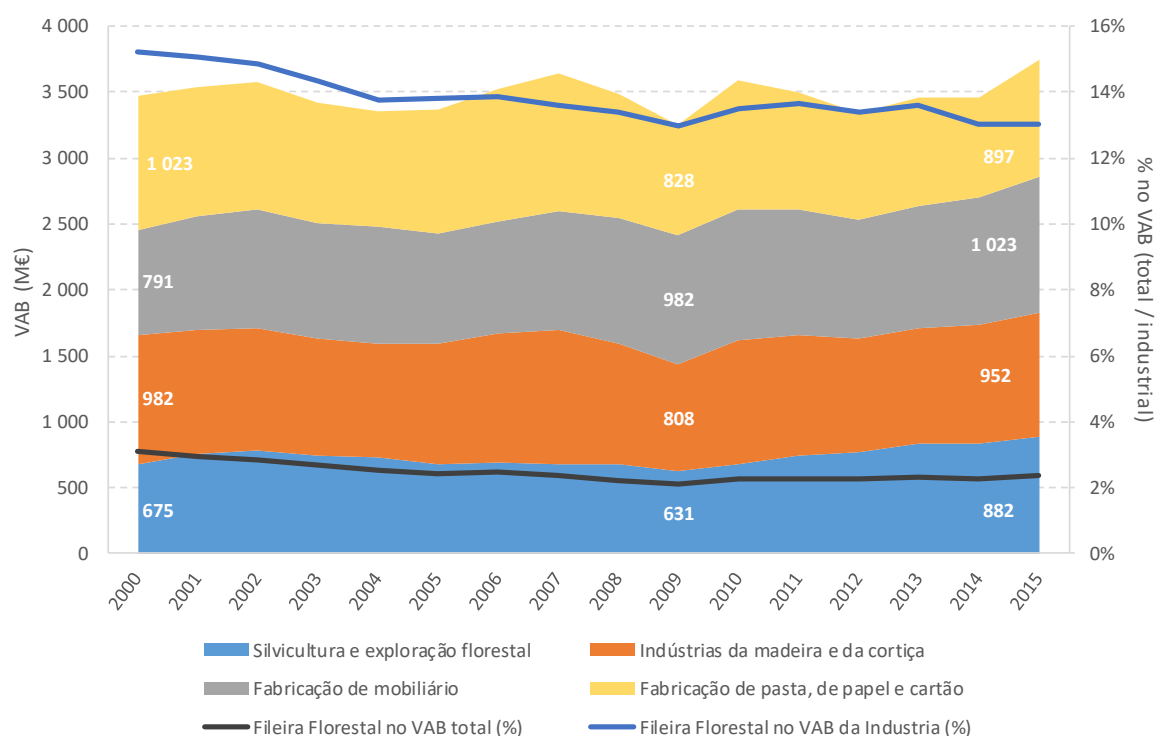
Fonte: AIFF (2013). Nota: a tracejado estão representados fluxos secundários.

Figura 2. Esquema da cadeia de produção de base florestal

Importa, no entanto, dada a especificidade da cadeia produtiva de cada fileira, caracterizar cada uma delas quanto à sua estrutura, nomeadamente quanto às etapas de produção e diversidade de produtos envolvidos e também quanto à sua importância económica associada.

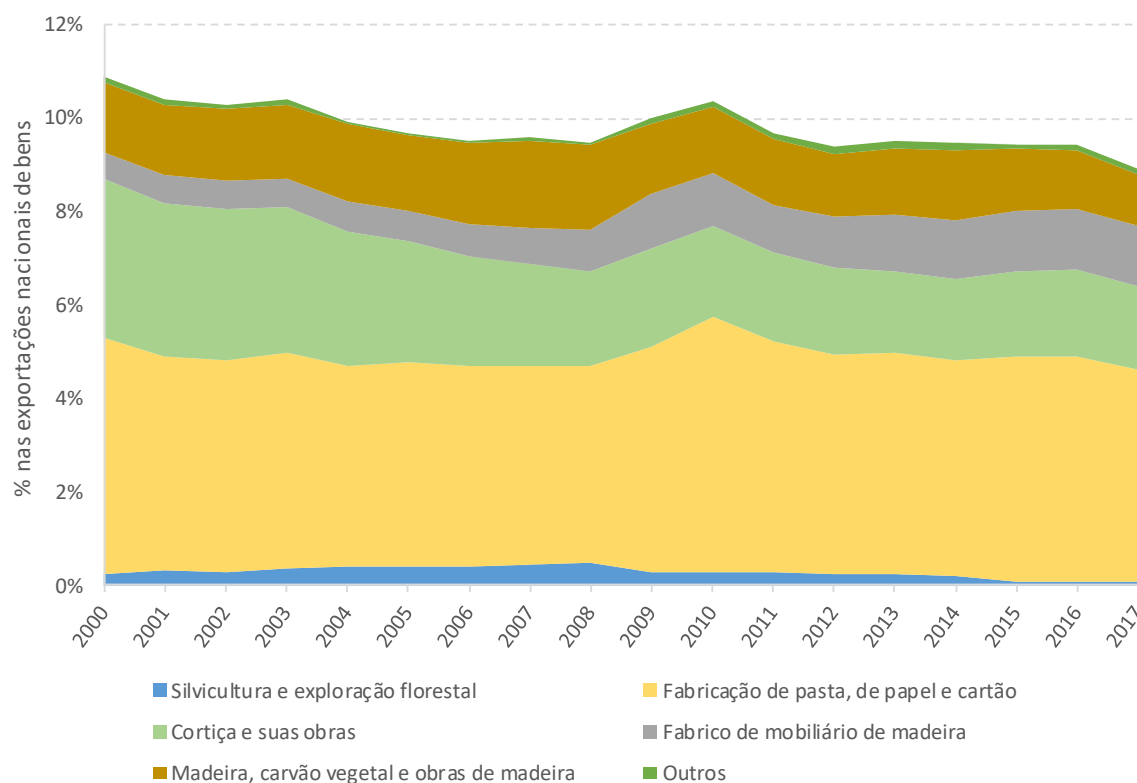
Refira-se que existem ainda outras fileiras, nomeadamente a da resina e a de outros produtos não-lenhosos, como sejam os frutos secos (pinhão e castanha) ou os cogumelos silvestres e a caça. No entanto, no âmbito deste estudo optou-se pelo foco nas fileiras com maior importância económica em termos de Valor Acrescentado Bruto (VAB) (Figura 3) e de contribuição para as exportações (Figura 4), nomeadamente as fileiras da madeira e do mobiliário, da pasta, papel e cartão e da cortiça. Considerou-se ainda de forma autónoma, o aglomerado económico da silvicultura e exploração florestal por ser uma actividade transversal a todas as fileiras e a que produz as matérias-primas essenciais para a componente industrial de todas as fileiras. A recentemente designada fileira da biomassa para energia, apesar de ainda não ter em Portugal uma importância económica comparável com as fileiras referidas, tem nos últimos anos exercido concorrência crescente pela obtenção de matéria-prima das outras fileiras pelo que se entendeu também considerá-la nesta caracterização.

As fontes de informação económica para realizar esta caracterização são diversas, sendo na maior parte dos casos dificilmente comparáveis na sua abrangência, nível de detalhe, escala temporal e metodologias. As fontes mais habituais são o INE, ICNF, FAOSTAT e as associações empresariais do sector. No âmbito deste estudo tentou-se sempre que possível usar a mesma fonte de informação, privilegiando os dados do INE compilados na Síntese económica (ICNF, 2019d) por ser a que apresenta séries mais longas, permitindo comparações mais fiáveis das análises aqui realizadas bem como com a restante economia nacional.



Fonte: Síntese económica - 2018 (ICNF, 2019d). Nota: valores a preços correntes.

Figura 3. Valor acrescentado bruto da fileira florestal



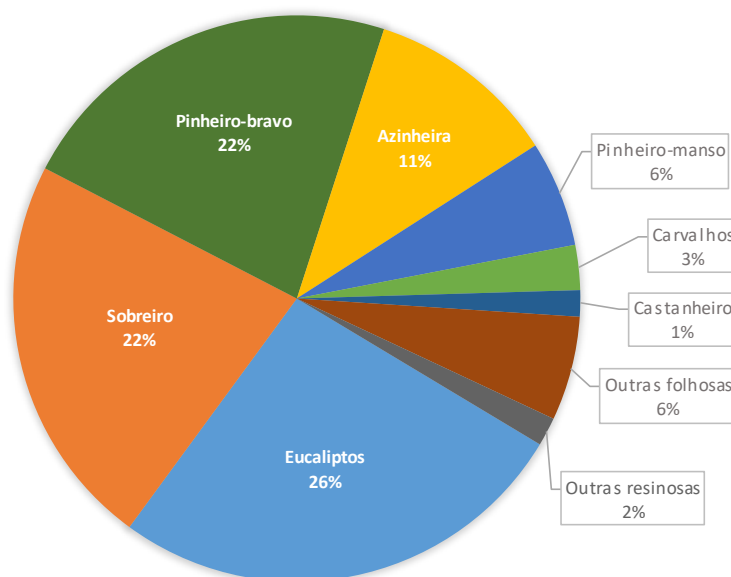
Fonte: Síntese económica - 2018 (ICNF, 2019d).

Figura 4. Importância relativa da fileira florestal nas exportações nacionais de bens (2000-2017)

Esta é, portanto, uma fileira com alguma importância na economia nacional quer através da criação de valor acrescentado (13% do VAB industrial e 2,4% do total nacional), quer através do comércio internacional sendo uma importante componente das exportações nacionais (8,9% das exportações nacionais de bens - ICNF, 2019d) e apresentando um excedente comercial no quinquénio 2014-2018 atingindo os 2,6 mil milhões de euros em 2018 (INE, 2019). Quanto a outros indicadores económicos é também de realçar a importância da fileira florestal ao nível do emprego, estimando-se que empregue cerca de 100 mil pessoas, ou seja 4% do emprego nacional (ICNF, 2015).

2.4.1. Silvicultura e exploração florestal

Em Portugal a produção de matérias-primas florestais para fins industriais baseia-se nas três principais espécies florestais em termos de ocupação do solo em Portugal continental (Figura 5 e Figura 6): os eucaliptos (dominados pelo *Eucalyptus globulus* Labill. - ICNF, 2013) o pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Aiton) e o sobreiro (*Quercus suber* L.). Refira-se também que a ocupação florestal tem apresentado alguma dinâmica quanto à distribuição relativa de espécies, sendo principalmente de realçar a diminuição absoluta e relativa de pinheiro-bravo e o aumento relativo e absoluto da área de eucalipto entre 1995 e 2015 (Figura 7).



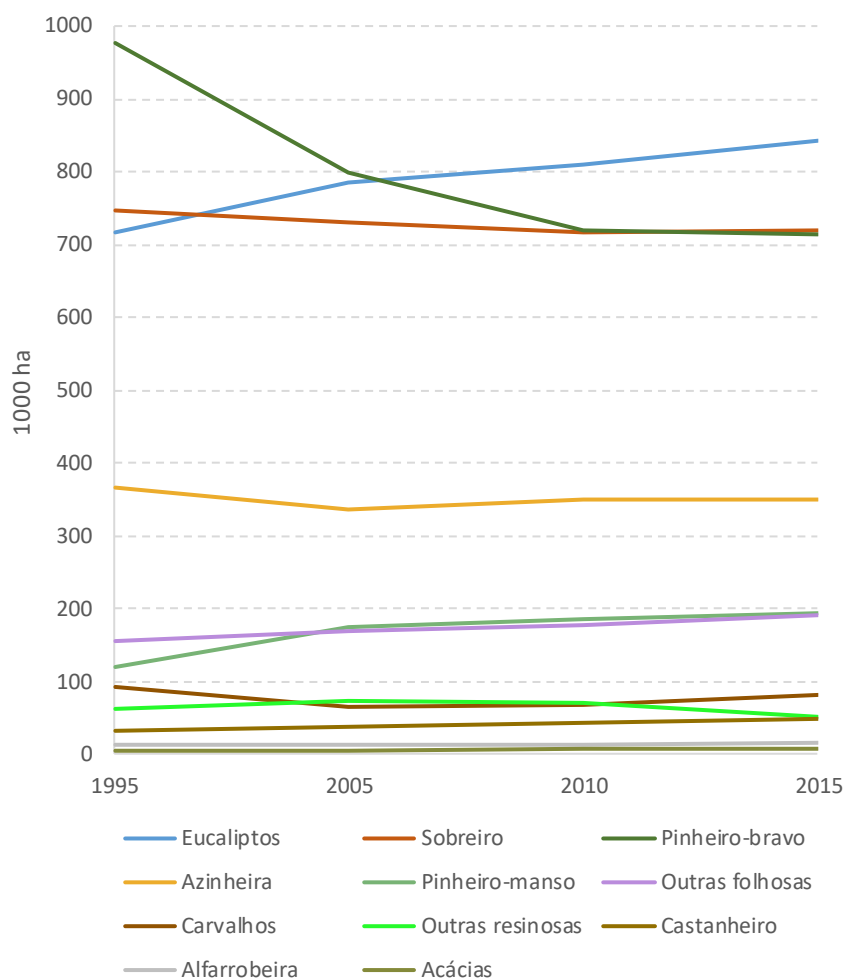
Fonte: Adaptado de IFN6 (ICNF, 2019b).

Figura 5. Distribuição das áreas por espécie florestal dominante (2015)

A produção de matérias-primas florestais constitui uma parte importante do valor económico da fileira florestal, o que frequentemente não é referido nas análises da fileira florestal, que têm a tendência para se focar na componente industrial e nos seus produtos finais.

Na perspectiva económica, a produção silvícola tem sido habitualmente analisada através do agregado Contas Económicas da Silvicultura, publicado com regularidade anual pelo INE. A análise deste agregado justifica-se dada a importante contribuição da Silvicultura e Exploração Florestal para o VAB florestal (23,5 % do VAB florestal em 2015 - ICNF, 2019d). As componentes que constituem este agregado económico são a “Produção de bens silvícolas” e a “Produção de Serviços Silvícolas e de Exploração Florestal”.

Na componente de “Produção de bens silvícolas” trata-se essencialmente de uma valorização da madeira e da cortiça que sai da floresta para fins industriais, acrescido de uma valorização da variação das existências (crescimento das florestas). A análise da Figura 7 evidencia a maior importância económica da madeira de folhosas para fins industriais e da cortiça, sendo que em termos evolutivos nota-se um crescimento da importância da madeira de folhosas e também uma recuperação da cortiça.

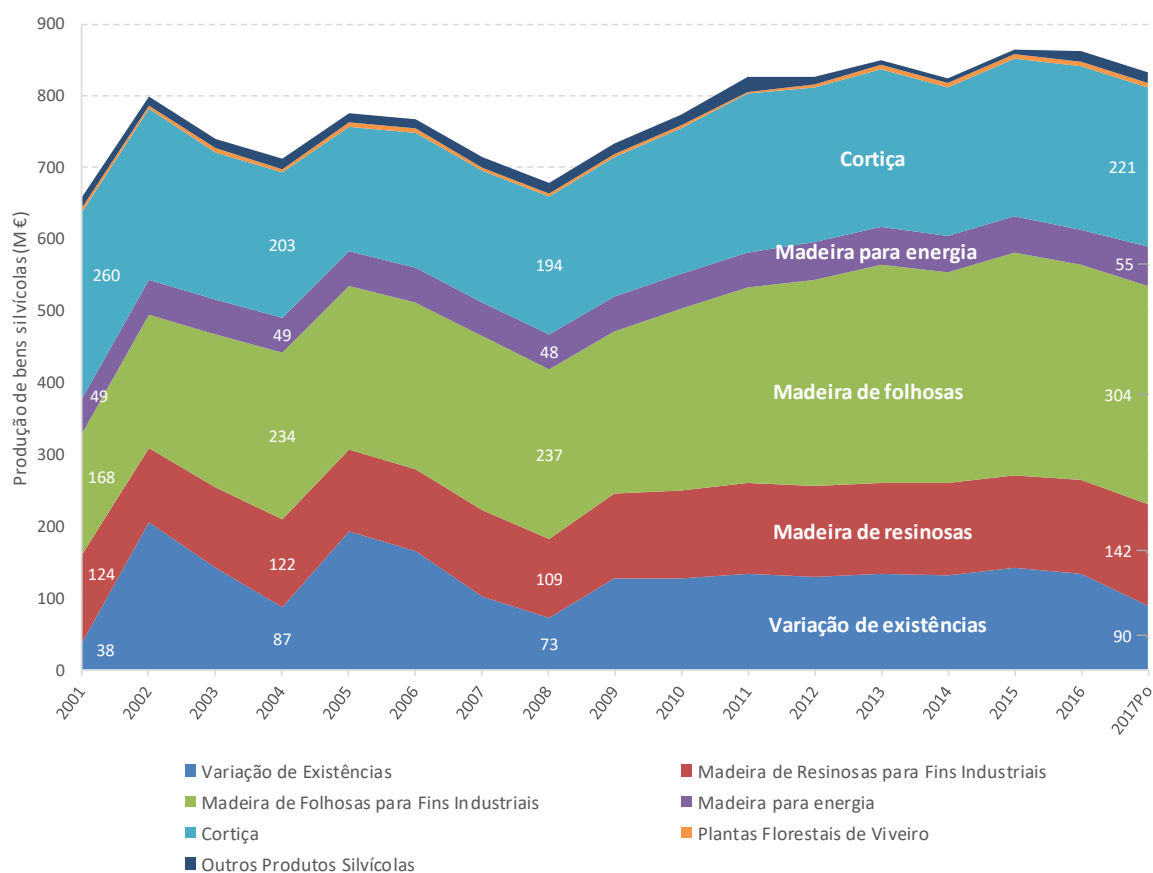


Fonte: Adaptado de IFN6 (ICNF, 2019b).

Figura 6. Distribuição das áreas por espécie florestal dominante (1995-2015)

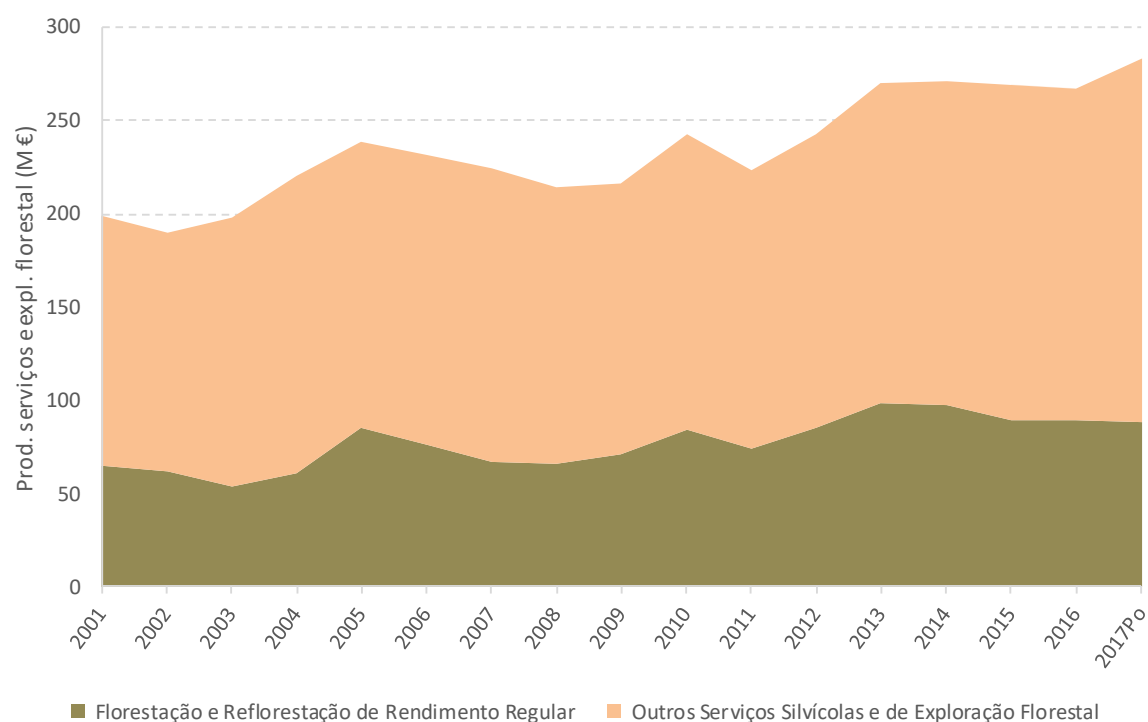
A componente de “Produção de Serviços Silvícolas e de Exploração Florestal” é essencialmente constituída pelas actividades relacionadas com a plantação e com a manutenção de povoamentos e exploração florestal quer sejam realizadas por prestadores de serviços quer por meios próprios.

Da análise combinada das Figuras 7 e 8, destaca-se ainda do ponto de vista económico a importância dos Serviços silvícolas e de exploração florestal pelo facto do seu valor total de 287 M€ ser o segundo maior quando comparado com as componentes da Produção de bens silvícolas, correspondendo em 2017 a 24 % do total da Produção da Silvicultura (INE, 2019).



Fonte: Contas Económicas da Silvicultura - 2017 (INE, 2019). Nota: valores a preços correntes.

Figura 7. Produção de bens silvícolas (2001-2017)



Fonte: Contas Económicas da Silvicultura - 2017 (INE, 2019). Nota: valores a preços correntes.

Figura 8. Produção de serviços silvícolas e de exploração florestal (2001-2017)

2.4.2. Fileira da madeira e do mobiliário

Esta é uma fileira que em Portugal depende essencialmente da madeira de pinheiro-bravo (AIFF, 2013; CESE, 1996; ICNF, 2015), existindo, no entanto, alguma incorporação de madeira de eucalipto essencialmente na produção de painéis de madeira (AIMMP, 2010) e de *pellets* (AIFF, 2013), bem como de madeiras de carvalho, de castanheiro e outras de origem tropical em aplicações de acabamento em mobiliário ou de decoração (AIMMP, 2010; CESE, 1996).

A caracterização da estrutura da fileira da madeira e mobiliário foi já abordada em alguns estudos de caracterização sectorial sendo possível e de forma simplificada, identificar os fluxos desta fileira a partir do esquema elaborado pelo ICNF (ver Anexo 2). Da análise deste esquema torna-se evidente a existência de quatro etapas da cadeia produtiva, sendo, no entanto possível a existência de cadeias mais curtas para alguns produtos que sendo normalmente considerados intermédios, poderão ter em alguns casos uma utilização final directa. É possível então identificar as etapas de: produção florestal, 1ª, 2ª e 3ª transformação. A estas etapas estão tipicamente associados produtos específicos, podendo-se nomear-se pelo menos quatro produtos primários:

- rolaria de pinheiro-bravo para trituração e para postes
- toros de pinheiro-bravo para serração
- rolaria de eucalipto para trituração - painéis
- Resíduos de exploração florestal

Dois produtos intermédios de 1ª transformação:

- madeira serrada
- toros não tratados para postes
- estilha

Um produto intermédio de 2ª transformação:

- painéis (de partículas e de fibras)

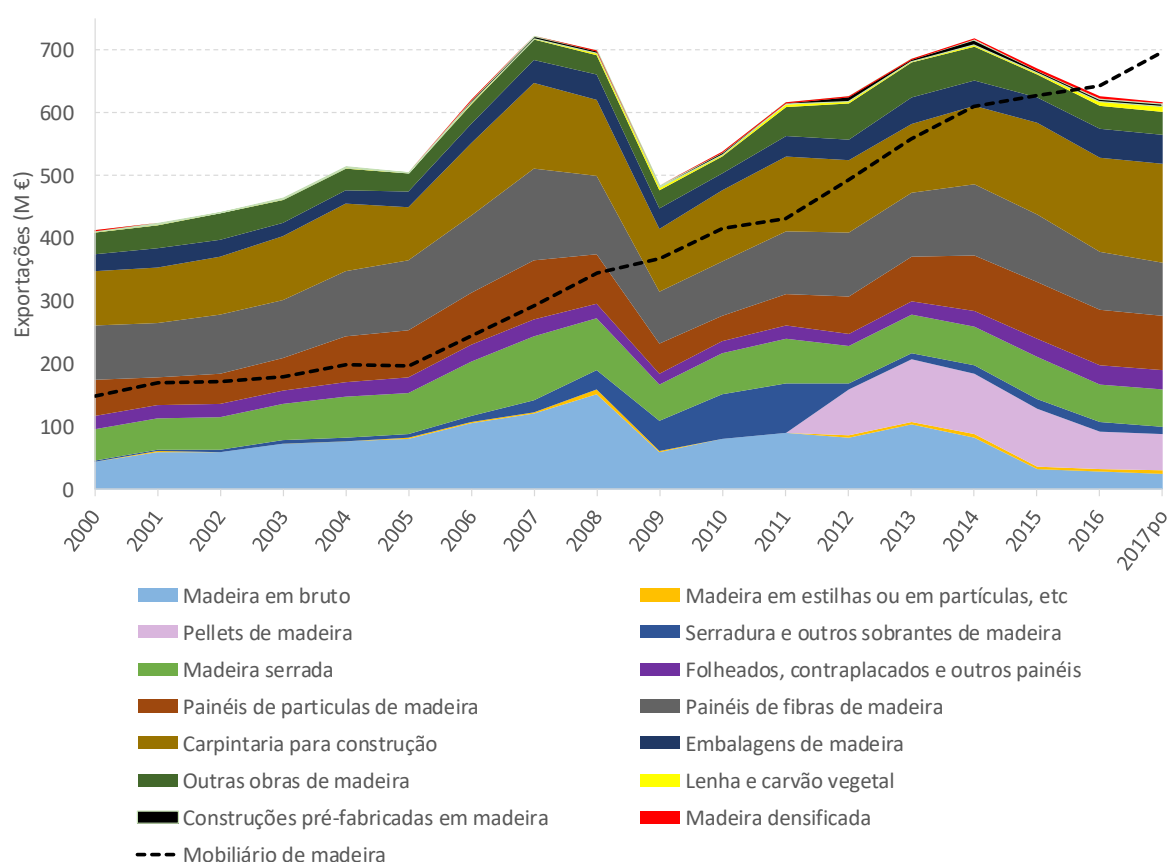
e como produtos finais três principais grupos de produtos:

- mobiliário de madeira
- embalagens de madeira
- produtos de carpintaria para construção

Refira-se que ao longo da cadeia produtiva são produzidos desperdícios (resíduos) sob a forma de estilha, casca, costaneiras, serrim e outros e que são normalmente recuperados para a produção de painéis ou como matéria-prima na fileira da biomassa para energia. Ou seja, de uma forma simplificada, trata-se de uma fileira com quatro etapas produtivas, três produtos intermédios e três tipos de produtos finais, com um ciclo de re-utilização de desperdícios e de produção de energia (ligação à fileira da biomassa para energia).

Trata-se, portanto, de uma cadeia de produção multi-nível (várias etapas de produção), multi-produto e, tendo um forte carácter exportador, é também multi-mercado.

É também possível identificar alguns produtos, ou grupos de produtos com uma maior importância ao nível das exportações, representando de alguma forma a importância económica da respectiva cadeia de produção. Da análise da importância relativa de cada produto nas exportações da fileira (Figura 9), destaca-se pela sua maior relevância: o grande e diversificado grupo do mobiliário com um crescimento acentuado desde 2000 e que em 2017 constituiu 53% do valor das exportações desta fileira. O grupo do mobiliário é seguido pelo conjunto dos grupos dos painéis e dos folheados e contraplacados com 15% e o grupo dos produtos de carpintaria para construção com 12% do valor das exportações. Estes grupos representam 80% do valor das exportações totais da fileira da madeira e do mobiliário.



Fonte: Síntese económica - 2018 (ICNF, 2019d). Nota: valores a preços correntes.

Figura 9. Exportações por produto da fileira da madeira e mobiliário (2000-2017)

As exportações não são apenas diversificadas em termos de produtos, mas também em relação aos destinos das exportações. Salienta-se, no entanto, que em 2013 e na sub-fileira da madeira o mercado espanhol destaca-se representando 40% do valor total das exportações (AIFF, 2014). São também importantes o Reino Unido (11%), a França (8%) e Angola (4,8), sendo que sete Países concentram 75% das exportações (AIFF, 2014). Nesta sub-fileira, a Espanha, destaca-se também por ser o País de origem de 72% do volume total das importações correspondendo em valor a 56% do total.

Quanto às exportações da sub-fileira do mobiliário, em 2013 destaca-se que três Países concentraram 66% do valor total das exportações, nomeadamente a França (37%), Angola (15%) e Espanha (14%) (AIFF, 2014). Os dez principais destinos representaram 86% do valor total das exportações de mobiliário. Mais uma vez, no caso das importações, destaca-se a Espanha que representa 47% do valor total e que em conjunto com a Itália, Polónia e Alemanha representam cerca de 70% do valor total das importações de mobiliário.

2.4.3. Fileira da pasta, papel e cartão

Esta é uma fileira que em Portugal depende essencialmente da madeira de eucalipto, existindo, no entanto, alguma utilização da madeira de pinheiro-bravo (CELPA, 2017). Em 2016 foram consumidos cerca de 7,8 Mm³ sem casca de eucalipto (CELPA, 2017) e cerca de 600 mil m³ sem casca de madeira de pinheiro-bravo (Centro PINUS, 2017). A taxa de importação de madeira de eucalipto tem variado entre os 20 e 30% desde 2014, não tendo sido possível identificar se a origem da madeira de pinheiro-bravo consumida para produção de pasta de madeira, foi nacional ou importada.

A componente industrial da fileira de pasta, papel e cartão tem em Portugal um elevado nível de integração vertical (CELPA, 2017) o que de alguma forma simplifica a estrutura da cadeia produtiva. Assim, e com base no esquema elaborado pelo ICNF (ver Anexo 2) torna-se evidente a distinção das etapas de produção florestal, de produção de pasta e de produção de papel e cartão. Refira-se, no entanto, que nas maiores empresas de pasta e de papel, existe um significativo nível de integração vertical, incluindo mesmo uma componente de produção florestal (CELPA, 2017).

Ao nível dos produtos primários existe essencialmente apenas um - a rolaria de eucalipto, pois o uso de madeira de pinheiro-bravo representa apenas 6% do consumo total de madeira para produção de pasta (CELPA, 2017 e Centro PINUS, 2017). No entanto, este consumo de madeira de pinheiro-bravo para pasta, em 2016 representou 15,2% do consumo total de madeira de pinheiro-bravo em Portugal continental (Centro PINUS, 2017), sendo um nível de consumo significativo em termos de concorrência com outros usos industriais na fileira da madeira e do mobiliário (e em parte para a fileira da biomassa para energia).

Em termos de produtos intermédios, refira-se que em Portugal são apenas produzidas pastas químicas e essencialmente uma - a pasta virgem de eucalipto que em 2016 representou 93,9% da pasta virgem e 87,6% da pasta total produzida (incluindo as pastas de pinheiro-bravo e de fibra recuperada) (CELPA, 2017). Refira-se ainda que a totalidade das pastas de pinheiro-bravo e de fibra recuperada foram consumidas na própria indústria, ou seja, são 100% integradas, enquanto que a pasta virgem de eucalipto foi integrada em 43,3% (cálculos a partir de CELPA, 2017). No entanto, do ponto de vista do consumo de pasta para produção de papel e cartão em Portugal é de referir que em 2016 a pasta integrada correspondeu a 71% do total de pasta consumida, a pasta oriunda de mercado (interno e externo) a 11% e a pasta de fibra recuperada a 18% do total de pasta consumida. Ou seja, se do ponto de vista da produção existe uma quase hegemonia da produção de pasta virgem de eucalipto, do ponto de vista do consumo já é significativo o consumo de outras pastas que constituem 29% da matéria-prima para produção de papel e cartão em Portugal.

No que diz respeito aos produtos finais desta cadeia de produção, estes estão tipificados em cinco grupos sendo os mais significativos em termos de produção o “Papel e cartão não revestido (UWF)” e as “Coberturas de papel canelado” (Tabela 2).

Tabela 2. Evolução da produção de papel por tipos (2007-2016)

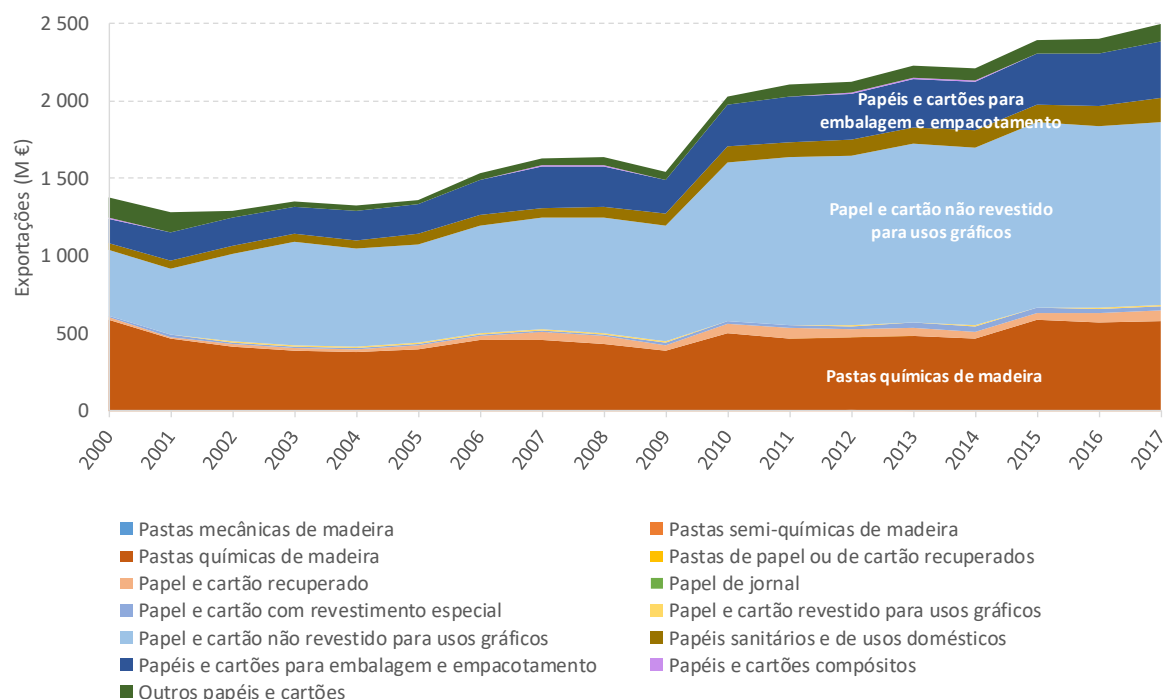
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Papel e cartão não revestido (UWF)	1056,1	1064,2	1088,3	1430,6	1551,7	1553,0	1559,8	1581,7	1597,8	1631,5
	64,2%	64,0%	67,2%	70,3%	72,9%	73,3%	71,7%	72,3%	71,9%	70,9%
Papéis sanitários e de usos domésticos	72,3	72,6	89,0	117,4	111,9	92,0	100,5	97,2	106,2	109,5
	4,4%	4,4%	5,5%	5,8%	5,3%	4,3%	4,6%	4,4%	4,8%	4,8%
Coberturas de cartão canelado	356,6	390,2	368,1	432,3	402,2	395,4	393,9	386,4	395,7	438,1
	21,7%	23,5%	22,7%	21,2%	18,9%	18,6%	18,1%	17,7%	17,8%	19,0%
Papéis e cartões para embalagens e empacotamento	133,4	131,0	72,1	53,7	47,0	40,1	79,7	79,7	78,6	78,6
	8,1%	7,9%	4,5%	2,6%	2,2%	1,9%	3,7%	3,6%	3,5%	3,4%
Outros papéis	26,4	3,5	2,2	1,9	15,1	39,6	42,6	42,6	42,6	42,6
	1,6%	0,2%	0,1%	0,1%	0,7%	1,9%	2,0%	1,9%	1,9%	1,8%
TOTAL	1644,8	1661,6	1619,7	2035,9	2127,8	2120,1	2176,5	2187,5	2220,9	2300,2

Fonte: CELPA (2017). Unidades: 1000 toneladas.

Refira-se também que o aproveitamento de sub-produtos para a produção de energia tem crescido de importância na indústria de pasta e papel, não sendo essa energia apenas consumida na própria fábrica, mas também vendida para a rede energética nacional.

Esta fileira tem, portanto, uma cadeia de produção multi-nível (várias etapas de produção), multi-produto (um produto primário dominante, um produto intermédio dominante e vários produtos finais) e tendo um forte carácter exportador, é também multi-mercado.

Nesta fileira é também possível e mais fácil de identificar quais os produtos com maior importância económica através da sua contribuição relativa ao nível das exportações. Da análise da Figura 10 destaca-se desde 2001 o domínio crescente das exportações de Papéis e cartões não revestidos para usos gráficos (designação internacional: UWF) que em 2017 representaram 47% do valor total das exportações. No grupo dos papéis destacam-se também o peso relativo dos Papéis e cartões para embalagem e empacotamento, que em 2017 representaram 15% do valor total. O grupo das Pastas de madeira é também significativo, tendo aumentado a sua importância em valor desde 2009, contribuindo em 2017 para 23% do valor total das exportações. O conjunto destes três grupos de produtos em 2017 representou 86% do valor total das exportações desta fileira.



Fonte: Síntese económica - 2018 (ICNF, 2019d). Nota: valores a preços correntes.

Figura 10. Exportações por produto da fileira da pasta, papel e cartão (2000-2017)

De forma a melhor evidenciar o carácter exportador desta fileira refira-se que em 2016, 45% da pasta e 89% do papel e cartão produzidos, foram exportados (CELPA, 2017). No que diz respeito à pasta para papel, o mercado comunitário foi o destino de 77,1% das exportações nacionais, seguindo-se o grupo do Médio Oriente, Ásia e Oceânia com 20,9%. Em 2016, Portugal, e segundo dados do INE, exportou pasta para papel para 23 países (CELPA, 2017).

Tal como nas exportações de pasta, também nas exportações de papel e cartão o principal destino foi o mercado comunitário representando 66% do valor total das exportações, destacando-se a Espanha (18,7%), França (9,5%), Alemanha (8,6%) e Itália (6,7%) (CELPA, 2017). Em termos globais, refira-se que em 2016 Portugal exportou papel e cartão para 160 mercados internacionais (Países e regiões administrativas) (CELPA, 2017).

Portugal tem nesta fileira uma posição significativa no mercado internacional, tendo sido em 2016, o 3º maior produtor de pasta europeu, com uma quota de 7,3%, atrás da Suécia (31,1%) e da Finlândia (29%) (CELPA, 2017). Na produção total de papel a posição de Portugal é menos significativa, ocupando a 11ª posição (2,5%), sendo que considerando apenas a produção de UWF, Portugal assume a 2ª posição na Europa com 18,3% do total atrás da Alemanha (CELPA, 2017).

2.4.4. Fileira da cortiça

Esta fileira, naturalmente depende exclusivamente de uma só matéria-prima florestal - a cortiça proveniente do sobreiro. De acordo com a FAO citada em APCOR (2017) estima-se que a produção média de cortiça em Portugal seja actualmente de 100 mil toneladas anuais, ou seja cerca de metade da produção Mundial (APCOR, 2017). No entanto este nível de produção não é suficiente para

fornecer a totalidade da capacidade industrial portuguesa, existindo a necessidade de recorrer à importação sistemática de matéria-prima (APCOR, 2015, 2017; ICNF, 2019d).

A componente industrial desta fileira tem uma estrutura empresarial muito diversificada e fragmentada (APCOR, 2015) existindo, no entanto, ao nível das maiores empresas um significativo nível de integração vertical da componente industrial (Autoridade da Concorrência, 2012).

Existem também para esta fileira, alguns estudos de caracterização da sua estrutura, sendo, no entanto, também possível e de forma simplificada, identificar os fluxos desta fileira a partir do esquema elaborado pelo ICNF (ver Anexo 2).

No esquema é evidente a separação do processo produtivo em três etapas principais: a produção florestal, a preparação e a transformação. Tal como na cadeia de produção de pasta e de papel existe nesta fileira algum nível de integração vertical, mas apenas significativa nos grandes grupos empresariais e ao nível da componente industrial (preparação e transformação). Apenas o Grupo Amorim possui área significativa de sobreiro (12.000 ha) (Amorim, 2018) A matéria-prima é totalmente aproveitada nas diversas etapas do processo produtivo, sendo os desperdícios de cada processo de transformação reutilizadas dentro ou fora da mesma empresa.

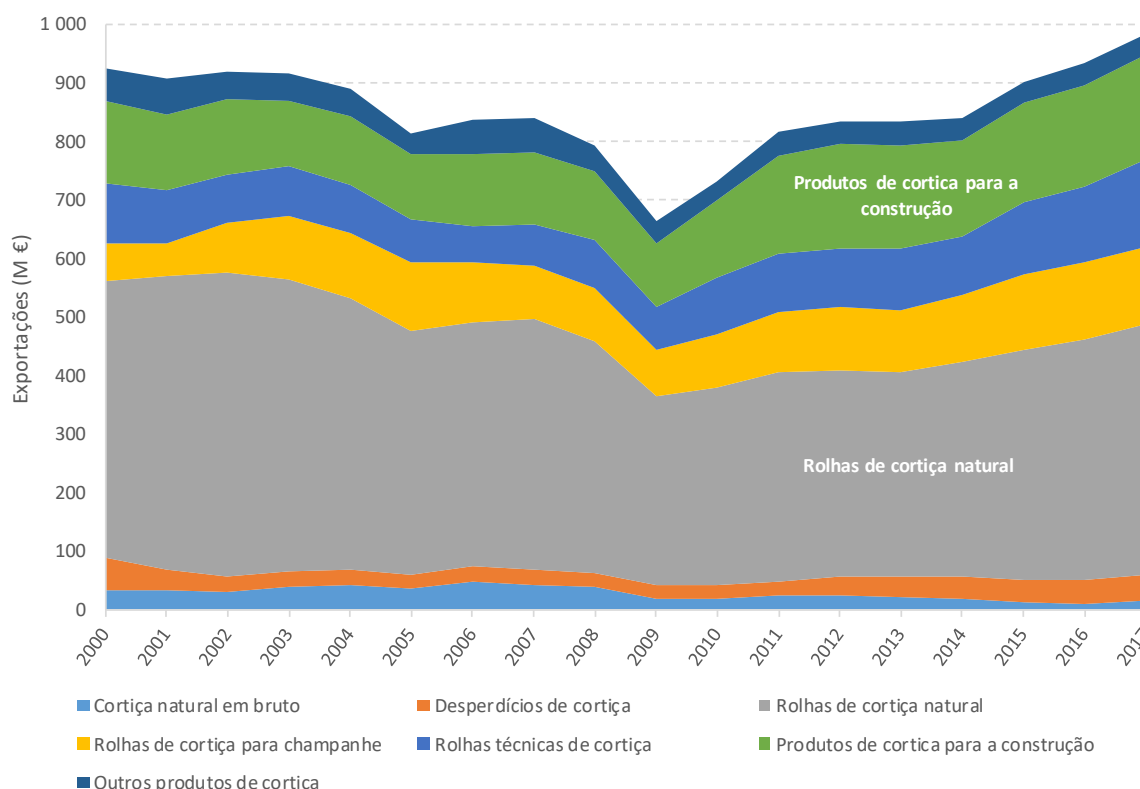
Ao nível dos produtos primários é possível identificar quatro tipos de produtos de cortiça: a cortiça virgem, a cortiça secundária, a amadia, a falca e um sub-produto da extração - os bocados. Existem essencialmente dois produtos intermédios, após o processo de cozedura, e que são a prancha de cortiça para produção de rolha natural e o granulado de cortiça para diversas aplicações incluindo as rolhas técnicas. Esta é apenas uma distinção generalista uma vez que quer a prancha para rolha natural quer o granulado, apresentam diversas sub-categorias relacionadas com a qualidade e a dimensão. Refira-se ainda que do processo de transformação em produtos finais são aproveitados os desperdícios para a produção de granulado que pode ser incorporado na produção de outros produtos finais tratando-se do aproveitamento de um desperdício como produto intermédio.

Os produtos finais com base na cortiça são bastante diversificados, mas em termos de quantidade produzida (e no caso também em valor) distinguem-se a rolha de cortiça natural, a rolha técnica e também o grupo de produtos de cortiça para o sector da construção (essencialmente isolamentos e pavimentos). Ou seja, de uma forma simplificada, trata-se de uma fileira com três etapas produtivas (produção florestal, preparação - produtos intermédios e transformação - produtos finais) e ainda com um ciclo de reaproveitamento de desperdícios e de produção de energia (ligação à fileira da biomassa para energia).

É uma cadeia de produção multi-nível (várias etapas de produção), multi-produto (vários produtos primários, dois produtos intermédios e vários produtos finais) e, tendo um forte carácter exportador, é também multi-mercado.

Sendo esta, uma fileira essencialmente exportadora, a importância económica dos seus produtos para a economia nacional pode ser avaliada através da sua contribuição para as exportações da fileira (Figura 11). Em termos de valor destaca-se o grupo das rolhas de cortiça natural que tem

desde 2009 vindo a recuperar a sua importância relativa, chegando em 2017 a representar 43% do valor total das exportações da fileira. Considerando o conjunto de todos os tipos de rolha a sua contribuição para as exportações em 2017 atinge em valor os 72%. As exportações da fileira são, portanto, dominadas em valor pelo grupo das rolhas, sendo o segundo grupo mais importante os produtos de cortiça para a construção que tem vindo a crescer desde 2009 e que em 2017 representa 18% do valor total das exportações da fileira.



Fonte: Síntese económica - 2018 (ICNF, 2019d). Nota: valores a preços correntes.

Figura 11. Exportações por produto da fileira da cortiça (2000-2017)

O principal mercado para as exportações portuguesas de cortiça em 2016, foi o mercado europeu correspondendo a 60% do seu valor total, sendo que se destacam a França (19%), a Espanha (12%), a Itália (10,2%) e a Alemanha (8%). Refira-se ainda, que em termos de Países, o segundo destino mais importante foram os Estados Unidos da América (EUA) que representaram 17,9% do valor das exportações. Estes cinco principais destinos constituem 67% do total das exportações da fileira (APCOR, 2017).

No que diz respeito às exportações de rolhas, os seis principais Países representaram 76% do valor total das exportações de rolha, nomeadamente a França (25%), os EUA (19%), a Itália (13%), a Espanha (12%), o Chile (4%) e a Alemanha (3%). Sendo que ao nível dos produtos de cortiça para a construção os seis principais destinos representaram 62% do valor das exportações, nomeadamente Alemanha (22%), EUA (16%), Espanha (11%), Rússia (5%), França (4%) e Países Baixos (4%) (APCOR, 2017).

A importação de matéria-prima (cortiça em bruto ou simplesmente preparada) tem uma elevada importância para a manutenção do nível de produção da indústria nacional, sendo que em 2016 foram importadas 82 mil toneladas (APCOR, 2017). Esta importação corresponde a 71% do valor total das importações de cortiça, sendo a Espanha o fornecedor destacado com 75% do valor relativo à matéria-prima importada (APCOR, 2017).

2.4.5. Fileira da biomassa para energia

Nos últimos anos tem vindo a desenvolver-se à escala internacional e nacional uma indústria de utilização de biomassa (incluindo a de origem florestal) para produção de energia.

Trata-se no fundo da utilização de uma matéria-prima que poderia ser integrada noutras fileiras, mas como apresenta uma utilização final tão diferente das tradicionais e também pelo crescimento da sua importância económica, tem sido considerado como uma fileira por si própria.

Em Portugal esta indústria começou pela actividade de queima de resíduos de exploração florestal para produção de energia eléctrica em grandes centrais de biomassa. Evoluiu depois para a produção de calor e electricidade em cogeração, em centrais térmicas dedicadas e outras unidades industriais (cimenteiras e a indústria de pasta e de papel) existindo também actualmente a vertente de produção de produtos compactados (*pellets* e briquetes) para consumo doméstico ou em pequenas unidades industriais, piscinas, edifícios, etc. para produção de calor. Mantem-se ainda o formato mais tradicional da produção de lenha e carvão vegetal.

Esta fileira tem tipicamente relações com as outras fileiras florestais, pela utilização dos seus desperdícios ou sub-produtos. Existe, no entanto, já uma tendência para a autonomização de uma parte desta fileira, nomeadamente a de produção de *pellets* que competem directamente com as outras fileiras pela obtenção de madeira. Esta é uma fileira em pleno desenvolvimento e muito dinâmica e flexível nos seus fluxos.

Na maior parte dos casos a caracterização desta fileira é abordada em estudos sobre outras fileiras florestais, como uma fileira complementar e cada vez mais como concorrente pela matéria-prima. Sobre este aspecto refira-se que 19% do consumo de madeira de pinheiro-bravo em 2016 destinou-se à produção de *pellets* (Centro PINUS, 2017), ou seja, foi a par com as serrações o principal destino da madeira de pinheiro-bravo.

Trata-se de uma fileira em que a obtenção de matéria-prima florestal acontece de uma forma mais difusa e variável do que nas fileiras já analisadas. De facto, existem diversas fontes de matéria-prima florestal, as quais podem ser obtidas directamente da produção florestal ou em diferentes pontos das cadeias de produção de outras fileiras. Simplificadamente, podemos, no entanto, considerar como etapas: a produção florestal, uma primeira transformação (extra-fileira) e uma segunda transformação em produto final. A partir do esquema do ICNF (ver Anexo 2) é possível identificar os principais fluxos desta fileira, aos quais deve ser adicionado um fluxo directo da produção florestal, pois é actualmente comum o consumo directo de toros para produção de pellets.

Esta complexidade reflecte-se também ao nível dos produtos que vão desde os primários - toros de madeira (de pinheiro-bravo e de eucalipto) e resíduos de exploração florestal, passando pelos produtos intermédio - resíduos industriais, a estilha (de diversas fontes) até aos dois produtos finais - *pellets* e briquetes. Também nesta fileira, acontece que um produto normalmente considerado como intermédio, no caso a estilha, tem também uma utilização como produto final, por exemplo em jardinagem. No entanto, ao nível das empresas produtoras de *pellets* e briquetes existe uma elevada integração vertical da componente industrial. Estas empresas normalmente compram madeira em toros e efectuem uma primeira transformação em estilha para posterior produção dos produtos finais nas próprias instalações.

Esta é, portanto, uma cadeia de produção complexa, multi-nível (várias etapas de produção), multi-produto (quatro produtos primários, um produto intermédio e dois produtos finais) e, tendo um forte carácter exportador, é também multi-mercado.

3. METODOLOGIA

A metodologia para o desenvolvimento do presente estudo baseia-se em grande medida na pesquisa e análise de literatura sobre os modelos sectoriais para a floresta. Este é um passo essencial para, adquirindo conhecimento sistemático sobre os MSF existentes, possibilitar a avaliação da sua adaptabilidade ao sector florestal português.

De forma a cumprir os objectivos deste estudo a metodologia seguida baseou-se no desenvolvimento de dois processos:

- Revisão de literatura sobre MSF;
- Definição de critérios para a tipificação dos MSF existentes.

Cada um destes processos é descrito individualmente nos pontos seguintes.

3.1. Revisão de literatura sobre Modelos Sectoriais para a Floresta

A informação científica é publicada em diversas publicações internacionais, sujeitas a revisão pelos pares e é, portanto, fiável e replicável, fornecendo informação de base para outros estudos como é o caso desta Dissertação. No entanto, existe actualmente muita informação científica publicada e dispersa por várias publicações, o que dificulta a sua rápida identificação e consulta. De forma a agilizar a identificação das publicações relevantes para o presente estudo, recorreu-se à pesquisa numa das bases de dados de referências científicas mais utilizada e completa a nível internacional, nomeadamente a *Web of Science* (<https://apps.webofknowledge.com>).

3.1.1. Pesquisa e seleção de informação de base

A *Web of Science* permite a pesquisa por diversos campos, tendo-se neste estudo optado pelo uso de palavras-chave no campo de pesquisa “Tópico”. Este foi o tipo de pesquisa escolhido por oposição à utilização dos campos “Título”, “Autor”, “Publicação” e outros, pois sendo mais abrangente, minimiza o risco de não seleccionar publicações potencialmente relevantes.

A escolha das palavras-chave para início da pesquisa, baseou-se na consulta da bibliografia indicada inicialmente pelo Orientador e numa breve pesquisa livre individual sobre o tema “*Forest Sector Models*”. Dado o âmbito internacional das publicações desta área científica (floresta e economia), utilizou-se o idioma inglês para identificar as palavras-chave. Os termos mais relevantes encontrados na consulta inicial de bibliografia, foram: “*Forest Sector Models*”, “*Partial Equilibrium Models*”, “*General Equilibrium Models*” e “*Econometrics*”. Destes termos resultaram as seguintes palavras-chave: *forest*, *sector*, *model*, *modeling*, *econometrics*, *economics*, *analysis*, *partial*, *general*, *equilibrium*. Estas foram agrupadas em várias combinações consoante a relevância da sua interdependência e de forma a serem usadas sequencialmente, considerando também as suas variações na forma do plural. As combinações foram realizadas recorrendo ao operador Boleano

“AND”. Foi também realizada uma filtragem usando o operador Boleano “NOT”, em duas combinações específicas, de forma a eliminar repetições com combinações de pesquisa anteriores. Não foi estabelecida qualquer limitação quanto à data de publicação.

Posteriormente, e dada a elevada quantidade de artigos encontrados em algumas das pesquisas, aplicaram-se filtros de forma a restringir os temas em causa. Procedeu-se à utilização do campo “Categories”, filtrando os resultados pelas categorias “Forestry” e em alguns casos também pela categoria “Economics”. O processo de pesquisa foi realizado entre os dias 13 e 15 de Dezembro de 2017.

Os resultados das diferentes pesquisas foram exportados da *Web Of Science*, através da aplicação gratuita de gestão de referências - *Zotero* (<https://www.zotero.org/>), sendo que a exportação, em formato de ficheiro “Comma Separated Values”, incluiu a meta-informação das publicações selecionadas, nomeadamente e entre outras, o seu resumo, título, autor(es) e ano de publicação.

A aplicação da referida filtragem por “Categories”, resultou na identificação de 904 publicações, pelo que, tratando-se, ainda assim, de um número elevado de publicações, optou-se por verificar a sua elegibilidade para este estudo através da leitura dos seus resumos. As publicações eliminadas neste procedimento foram aquelas que se restringiam a modelos ou análises qualitativas e sem uma componente de optimização. Deste processo (Tabela 3) resultou a seleção de 379 publicações sendo que foram ainda encontradas e eliminadas algumas repetições entre as diferentes pesquisas realizadas, resultando em 245 publicações potencialmente relevantes para este estudo (Tabela 4).

Refira-se ainda que nesta pesquisa foram encontradas publicações em formato de livro, ou capítulos de livro, e que estas foram também consideradas.

Tabela 3. Processo de seleção de publicações

Fase	Descrição
Definição da pesquisa	Consulta de bibliografia inicial e pesquisa livre Definição de palavras-chave Definição de combinações de pesquisa
Pesquisa	Pesquisa sequencial por “Tópico”
1ª selecção	Seleção por filtragem por “Categorias”
Elegibilidade	Seleção por leitura de resumos
2ª selecção	Eliminação de repetições
Priorização	Hierarquização por tema principal e relevância para os objetivos do estudo

Tabela 4. Distribuição da quantidade de publicações encontradas e seleccionadas

Sequência de utilização das combinações de palavras-chave no campo de pesquisa “Tópico”	Quantidade de publicações encontradas			
	Iniciais	Após filtragem por “Categoria”		Após leitura de resumos
forest AND sector AND model	1362	<i>Forestry</i>	480	179
forest AND sector AND modeling				
forest AND sector AND model AND econometrics	13	-	-	11
forest AND sector AND model AND economics	88	-	-	50
“forest sector model”	40	-	-	17
partial AND equilibrium AND model AND forest	103	<i>Forestry e Economics</i>	88	37
(partial AND equilibrium AND forest) NOT TS=model AND analysis	25	-	-	2
general AND equilibrium AND model AND forest	313	<i>Forestry e Economics</i>	103	60
(general AND equilibrium AND forest) NOT TS=model AND analysis	67	-	-	3
TOTAL	2037		904	379
Após eliminação de publicações repetidas				245

Refira-se que no decorrer da análise das publicações seleccionadas, foram encontradas referências a publicações não encontradas na pesquisa inicial e que foram em muitos casos também consultadas. Tal deveu-se ao facto de estas serem referenciadas como apresentando informações relevantes para a compreensão da temática dos Modelos Sectoriais ou de algum modelo em particular. Estas referências abrangem outras publicações revistas pelos pares, mas também relatórios técnicos de várias instituições (EFI, FAO, IIASA) e de alguns projectos de investigação e deram um bom contributo para a compreensão pelo do autor das mais variadas contextualizações, lacunas e potencialidades no que diz respeito as temas que envolvem este estudo, nomeadamente: modelação económica, sistemas de decisão, optimização, etc.. Verificou-se também que para alguns modelos as publicações revistas pelos pares são escassas e dedicadas à análise de resultados da aplicação dos modelos, com contributos insuficientes para a compreensão da sua estrutura e funcionamento.

3.1.2. Organização da informação de base

De forma a tornar mais expedita a consulta das publicações inicialmente encontradas e considerando os objectivos do estudo, estabeleceram-se alguns critérios para a sua organização (Tabela 5) tendo por base a leitura dos seus resumos, nomeadamente:

- Tema principal

Apesar de muitas das publicações encontradas efectuarem geralmente um breve enquadramento dos fundamentos teóricos dos modelos de sector, só algumas focam o seu conteúdo na explicação e análise desses fundamentos conceptuais. Essas publicações foram classificadas no atributo “Enquadramento”. As publicações que se referem à apresentação de um determinado modelo de sector, da sua estrutura e funcionamento, sem apresentar exemplos de aplicação foram classificadas no atributo “Descrição de modelo”. Às que adicionalmente, apresentam pelo menos um exemplo de aplicação do modelo foram classificadas no atributo “Descrição de modelo e aplicação”. Finalmente foram encontradas publicações que, apesar de descreverem brevemente o modelo de sector em causa, o seu foco é a apresentação de uma ou mais aplicações do modelo e a análise dos seus resultados. Estas foram classificadas no atributo “Aplicação de modelo”.

- Relevância

Cada publicação foi também classificada de acordo com a sua relevância em relação ao objectivo deste estudo, em seis categorias: elevada; alta; média; baixa; muito baixa; e sem relevância. Nesta classificação foi considerado o tipo de informação, o seu detalhe, se o tema MSF é o assunto principal da publicação, o quão recente é a informação e se a publicação foi objecto de revisão pelos pares.

- Designação do modelo

Naturalmente, a designação do modelo é uma informação importante para a organização das publicações, de forma a facilitar posteriores consultas dirigidas a cada um dos modelos, pelo que foi já incluída como critério de organização das publicações.

Tabela 5. Critérios de organização da informação de base

Dimensão	Atributos
Tema principal	<ul style="list-style-type: none"> • Enquadramento • Descrição de modelo; • Descrição de modelo e aplicação; • Aplicação de modelo.
Relevância (para os objectivos do estudo)	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada; • Alta; • Média; • Baixa.
Designação do modelo	<ul style="list-style-type: none"> • As várias designações encontradas

Nos casos em que a leitura do resumo não foi suficientemente esclarecedora, procedeu-se a uma leitura expedita de partes das publicações, de forma a poder classificá-la de acordo com as dimensões referidas (Tabela 6). Este processo permitiu excluir da análise 94 publicações cujo foco não estava nos modelos sectoriais, mas sim em exclusivo em: modelos de equilíbrio geral, de projecção de inventário, de dinâmica de sistemas, em simuladores de crescimento etc.

Adicionalmente, 27 publicações foram retiradas por apenas se ter tido acesso aos seus resumos (*Abstracts*). Este processo de pesquisa, selecção e classificação resultou na identificação de 124 publicações para análise (ver Anexo 3).

Tabela 6. Classificação das publicações identificadas na pesquisa inicial

	Quantidade de publicações				
Tema principal	Relevância para os objectivos do estudo				Sub-total
	Elevada	Alta	Média	Baixa	
Enquadramento	10	5	12	5	32
Descrição de modelo	1	2	-	-	3
Descrição de modelo e aplicação	4	6	3	5	18
Aplicação de modelo	11	16	33	11	71
Sub-total	26	29	48	21	
				Classificadas	124
				Excluídas	121
				TOTAL	245

Sempre que neste processo foi encontrada informação adicional relacionada com potenciais critérios de classificação, essa informação foi também registada. São exemplos mais comuns deste aspecto a dimensão espacial e âmbito geográfico, a diversidade de produtos e a quantidade de etapas da cadeia de produção (níveis de mercado) considerados endogenamente pelo modelo.

3.2. Definição de critérios de classificação dos Modelos Sectoriais para a Floresta

A partir da análise da informação de base seleccionada, a escolha das dimensões e atributos para a tipificação dos MSF foi realizada de forma direccionada e iterativa, tendo em consideração a existência ou não de informação correspondente sobre a cadeia de produção de base florestal em Portugal continental (ponto 2.4). Esta lógica foi aplicada também no sentido inverso, pois com base nas características ou contexto específico da cadeia de produção do sector florestal português foi verificado se era possível tipificar os MSF nessa dimensão.

Apesar do foco estar nas dimensões e atributos comuns, procurou-se considerar outras dimensões que se considerou serem relevantes no contexto actual do sector florestal ou do ponto de vista técnico (p.e. a capacidade de incorporação do risco de incêndio).

Dado que os modelos sectoriais são sistemas complexos e interdisciplinares, não se propõe no âmbito deste estudo a realização de uma análise detalhada dos atributos de cada um dos modelos

encontrados (base teórica, estrutura, equações, parâmetros, etc). Neste estudo são identificadas as principais tipologias de modelos existentes e os seus atributos fundamentais, de forma suficiente para se obterem indicações sobre a sua adequabilidade para aplicação ao sector florestal português.

Neste sentido, o processo de identificação dos critérios de classificação, baseou-se na leitura integral de uma selecção de publicações cujo tema principal se refere ou, ao enquadramento teórico dos modelos de sector ou, à descrição de modelos e que foram classificadas com relevância elevada, alta e média. Com base no cruzamento destes atributos foram identificadas 43 publicações (consultar Tabela 6).

3.2.1. Critérios de classificação identificados em publicações de revisão

Entre as 43 publicações seleccionadas, encontraram-se três publicações de revisão ou que incluíam uma desenvolvida componente de revisão sobre o tema dos MSF e que constituíram uma base para definir os critérios de classificação dos MSF, nomeadamente: Adams e Haynes (1999), Hurmekoski e Hetemäki (2013) e Latta, Sjølie, e Solberg (2013). Para além destas três publicações foi ainda considerada uma publicação que constituiu a base bibliográfica inicial deste estudo - Buongiorno, Zhu, Zhang, Turner, e Tomberlin (2003) e uma outra publicação de revisão referida em Latta et al. (2013) - Toppinen e Kuuluvainen (2010).

Todas estas cinco publicações apresentavam, no entanto, informação parcial, nomeadamente quanto à quantidade de modelos e dimensões consideradas, no caso de Adams e Haynes (1999) e de Buongiorno et al. (2003), e noutras ainda por se referirem apenas a tipos de aplicação dos MSF (temática ou geográfica) sem referência explícita aos atributos dos MSF, o caso de Hurmekoski e Hetemäki (2013) e de Toppinen e Kuuluvainen (2010). Algumas destas publicações não englobavam também os modelos mais recentes, como nos casos de Adams e Haynes (1999), Buongiorno et al. (2003) e Toppinen e Kuuluvainen (2010). As publicações mais completas em termos das dimensões consideradas, são Latta, et al. (2013) e Adams e Haynes (1999), sendo que nesta última, não estão incluídos os MSF mais recentes. Não foi, portanto, encontrada uma sistematização abrangente e actual sobre as dimensões e atributos dos MSF.

Na classificação de Adams e Haynes (1999), que abrangeu os principais modelos existentes na altura, foram consideradas: algumas características dos modelos, as decisões relativas ao desenvolvimento da sua estrutura, como esta influencia as variáveis que podem ser endogeneizadas e ainda as implicações que estes atributos têm na realização de estudos sobre os impactos de políticas. Este autor usa de forma alternada e talvez mais clara, a designação “modelos de mercado do sector florestal” (*forest sector market models*).

Segundo Adams e Haynes (1999) na altura, e mais do que no passado, as necessidades de análise de políticas estava a dirigir o desenvolvimento dos MSF, pelo que o autor propôs uma classificação (Tabela 7) de acordo com três dimensões que relacionam o funcionamento dos mercados com a aplicação de políticas, nomeadamente:

- o tratamento das relações espaciais entre os mercados (espacial ou não-espacial);
- a quantidade de níveis de mercado (etapas da cadeia de produção) endógenos (um ou múltiplos níveis);
- os pressupostos sobre o conhecimento (dos produtores e consumidores) acerca do funcionamento do mercado e do seu futuro (conhecimento limitado/imperfeito ou conhecimento ilimitado/ perfeito).

Tabela 7. Critérios de classificação dos MSF em Adams e Haynes (1999)

Dimensão	Atributos
Espacial	<ul style="list-style-type: none"> • Espacial • Não-espacial
Níveis de mercado endógenos	<ul style="list-style-type: none"> • Um nível de mercado • Múltiplos níveis de mercado
Capacidade de previsão das condições de mercado por parte dos agentes económicos	<ul style="list-style-type: none"> • Perfeita • Imperfeita

Fonte: Adaptado de Adams e Haynes (1999)

Em Buongiorno et al. (2003), apesar dos modelos referidos na publicação serem limitados aos que se relacionam com o modelo desenvolvido pelo autor (o *Global Forest Products Model* - GPFM), este tipifica os modelos de acordo com a sua abrangência da economia (Tabela 8) , nomeadamente:

- Modelos computáveis de equilíbrio geral (*Computable General Equilibrium Models* - CGEM);
- Modelos de equilíbrio parcial (*Partial Equilibrium Models* - PEM):
 - Espaciais e não-espaciais
 - Globais e não-globais
- Modelos de oferta de madeira (*Timber Supply Models*).

A distinção dos “Modelos de oferta de madeira”, parece ter sido realizada com base na especificidade do modelo, ou seja, por abranger apenas um nível mercado.

Na descrição das características dos modelos realizada por este autor, está também implícita uma distinção entre modelos estáticos e dinâmicos e entre escalas temporais de optimização (Tabela 8):

- estáticos, sendo os modelos que optimizam um único período (geralmente CGEM);
- dinâmicos, sendo os modelos que consideram uma ligação entre as soluções de cada período (geralmente PEM, sendo possível adaptar CGEM para serem dinâmicos);
 - intertemporais, ou seja, que optimizam todos os períodos em simultâneo, para a duração completa do horizonte de planeamento; e
 - dinâmicos recursivos, ou seja, que optimizam período-a-período de forma sequencial até completarem o horizonte de planeamento.

Tabela 8. Critérios de classificação dos MSF em Buongiorno et al. (2003)

Dimensão	Atributos
Abrangência da economia	<ul style="list-style-type: none"> • Geral • Parcial
Escala temporal da optimização	<ul style="list-style-type: none"> • Dinâmicos recursivos • Intertemporal

Fonte: Adaptado de Buongiorno et al. (2003)

A revisão realizada por Toppinen e Kuuluvainen (2010) limitou-se às publicações sobre estudos econométricos e a aplicações de MSF que incidiram sobre o sector florestal Europeu entre os anos de 1998 e 2007. Os MSF foram classificados de acordo com os temas estudados nas suas aplicações, não sendo realizadas distinções baseadas em dimensões ou atributos. É apenas possível deduzir a distinção entre modelos que consideram a oferta de madeira como variável endógena e os restantes.

A revisão de Hurmekoski e Hetemäki (2013) é mais abrangente que os MSF, focando-se na temática dos estudos prospectivos (*outlook studies*) do sector florestal, incluindo para além da contribuição dos modelos quantitativos (MSF e modelos econométricos) também a das análises qualitativas baseadas no conhecimento de peritos. Relativamente ao contributo dos MSF, é apresentada uma análise sucinta das suas vantagens e desvantagens, na aplicação como base para os estudos prospectivos. Em relação às suas dimensões e atributos é apenas explicitamente referida a capacidade de visão das condições futuras do mercado e implicitamente, a existência ou não de capacidade de ligação a sub-sectores relacionados, como por exemplo a bioenergia.

A mais recente e desenvolvida revisão e classificação dos MSF foi encontrada em Latta et al. (2013)³. Não sendo intenção da publicação fazer uma revisão detalhada das características dos vários modelos, é, no entanto, realizado um breve resumo histórico do desenvolvimento dos MSF, identificando como estes se relacionam através das suas capacidades. O estudo foca-se nos MSF que ainda estão activos em 2013 e, numa distinção fundamental, separa estes modelos de acordo com a escala temporal usada no processo de optimização. Assim, e de forma semelhante a Buongiorno et al. (2003), classifica os MSF em dinâmicos recursivos que optimizam a solução um período de cada vez, em períodos sucessivos, e em intertemporais que optimizam a solução para todos os períodos em simultâneo, abrangendo de uma só vez a totalidade do horizonte temporal em análise. Em Latta et al. (2013) é também efectuada uma referência ao habitual maior detalhe da informação relativa ao crescimento florestal no caso dos modelos intertemporais. Esta é potencialmente uma característica importante a considerar na seleção dos MSF mais adequados para o planeamento estratégico florestal. É ainda feita uma referência à capacidade destes modelos poderem ou não incluir a alteração do uso do solo como uma variável endógena, considerando especificamente a interação entre o uso florestal e o uso agrícola. Os MSF são também distinguidos quanto às escalas espaciais e temporais, nos de âmbito geográfico global, regional ou nacional e nos

³ O autor refere-se no título à designação “modelos de equilíbrio parcial do sector florestal” (*partial equilibrium models of the forest sector*) mas mais adiante passa a designar os modelos por “modelos de sector florestal”.

de curto-prazo (15 a 20 anos) e de longo-prazo (100 ou mais anos). Esta publicação especifica, entre outras, as principais características distintivas dos MSF nas seguintes dimensões (ver também a Tabela 9):

- intervalo de tempo considerado na optimização;
- pressupostos relativos à capacidade de previsão das condições de mercado;
- especificação da oferta de madeira e do crescimento florestal;
- horizonte temporal;
- âmbito geográfico;
- ligações com outros sectores.

Tabela 9. Critérios de classificação dos MSF em Latta et al. (2013)

Dimensão	Atributos
Escala temporal da optimização ⁴	<ul style="list-style-type: none"> • dinâmico recursivo • intertemporal
Capacidade de previsão das condições de mercado ⁴	<ul style="list-style-type: none"> • Visão imperfeita • Visão perfeita
Especificação da oferta de madeira e do crescimento florestal ⁵	<ul style="list-style-type: none"> • De base exógena (função de oferta de madeira baseada em relações econométricas e taxas de crescimento florestal exógenas usadas em equações do tipo <i>growth-drain</i>⁶) • De base endógena (nível de oferta determinado com base em modelos de crescimento florestal, considerando a gestão florestal)
Horizonte temporal ⁵	<ul style="list-style-type: none"> • curto-prazo (15-20 anos) • longo-prazo (chegando a 100 ou mais anos)
Âmbito geográfico	<ul style="list-style-type: none"> • Global • Regional • Nacional
Alteração de uso do solo	<ul style="list-style-type: none"> • Considera • Não considera
Diversidade de produtos considerados	<ul style="list-style-type: none"> • Um tipo de produto final • Vários tipos de produtos finais
Incorporação dos efeitos das alterações climáticas	<ul style="list-style-type: none"> • Considera • Não considera

Fonte: Adaptado de Latta et al. (2013)

⁴ O autor relaciona estas duas dimensões, fazendo uma associação entre modelos dinâmicos recursivos e a visão imperfeita e entre os modelos intertemporais e a visão perfeita.

⁵ Apesar do autor nestas dimensões referir a tendência para a associação de diferentes atributos consoante os MSF são dinâmicos recursivos ou intertemporais, não foi encontrada explicitamente a impossibilidade conceptual de a ambos os tipos poderem ser associados qualquer dos atributos assinalados.

⁶ Embora o termo *growth-drain* não tenha sido usado pelo autor, este tipo de equação é assim referido de forma generalizada na grande maioria das publicações seleccionadas, pelo que para uniformizar os termos usados neste estudo, optou-se por usar desde já esta designação.

3.2.2. Outros critérios de classificação

Apesar de terem sido encontradas apenas cinco publicações de revisão, foi nelas identificado um número significativo de critérios de classificação dos MSF, sendo que nas restantes publicações não foram identificados critérios adicionais. No entanto, entendeu-se adicionar outra dimensão, nomeadamente a “Incorporação do risco de incêndio”.

Considerando as características da produção florestal em Portugal (ver ponto 2.4), o histórico de ocorrência de incêndios florestais (ICNF, 2015) e a sua influência na disponibilidade e preços das matérias-primas (INE, 2019), não considerar a influência do risco de incêndio no planeamento estratégico florestal em Portugal é redutor e irrealista. Apesar de não ser claro se este risco pode ser considerado de forma autónoma e variável por um MSF entendeu-se, dada a sua relevância, deixar essa possibilidade em aberto para classificar os MSF (Tabela 10).

Tabela 10. Outros critérios de classificação dos MSF

Dimensão	Atributos
Incorporação do risco de incêndio	<ul style="list-style-type: none"> • Considera • Não considera

*
* *

Com base nesta identificação dos critérios de classificação dos MSF (Tabela 11) e da sua subsequente análise espera-se que seja possível obter de forma sistematizada, informação sobre as suas funcionalidades, estrutura, tipo de modelação, o tipo de informação que geram e outros aspectos relevantes. O resultado desta análise deverá ser suficiente para avaliar a adequabilidade dos MSF identificados para apoiar o planeamento estratégico florestal em Portugal.

De forma a evitar analisar informação desactualizada, foram apenas abordados os MSF que se encontram actualmente em uso. Foi considerado que estes MSF reflectem melhor a realidade actual das componentes florestal, industrial e de mercado, bem como das actuais técnicas matemáticas, linguagens de programação e das capacidades computacionais disponíveis.

Tabela 11. Conjunto dos critérios para classificação dos MSF

Dimensão	Atributos	Fonte
Abrangência da economia	<ul style="list-style-type: none"> • Geral • Parcial 	Buongiorno et al. (2003)
Espacial e âmbito geográfico	<ul style="list-style-type: none"> • Espacial (âmbito geográfico - Global, regional ou nacional) • Não-espacial 	Adams e Haynes (1999) e Latta et al. (2013)

(continua)

(continuação)

Dimensão	Atributos	Fonte
Capacidade de previsão das condições de mercado pelos agentes de mercado	<ul style="list-style-type: none"> Visão perfeita Visão imperfeita 	Adams e Haynes (1999) e Latta et al. (2013)
Horizonte temporal	<ul style="list-style-type: none"> Curto-prazo (15-20 anos) Longo-prazo (chegando a 100 ou mais anos) 	Latta et al. (2013)
Escala temporal da optimização	<ul style="list-style-type: none"> Dinâmico recursivo (um período de cada vez) Intertemporal (todos os períodos em simultâneo) 	Buongiorno et al. (2003) e Latta et al. (2013)
Níveis de mercado endógenos	<ul style="list-style-type: none"> Um nível de mercado Vários níveis de mercado 	Adams e Haynes (1999)
Diversidade de produtos	<ul style="list-style-type: none"> Um produto Vários produtos 	Latta et al. (2013)
Gestão florestal	<ul style="list-style-type: none"> Considera Não considera 	Adaptado de Latta et al. (2013)
Dinâmica do crescimento florestal	<ul style="list-style-type: none"> Equação <i>growth-drain</i> com base em taxas de crescimento exógenas e relações econométricas Baseada em modelos de crescimento, considerando os efeitos da gestão florestal 	Adaptado de Latta et al. (2013)
Alteração de uso do solo	<ul style="list-style-type: none"> Considera Não considera 	Latta et al. (2013)
Incorporação do risco de incêndio	<ul style="list-style-type: none"> Considera Não considera 	Proposta do autor

3.3. Fontes de informação adicionais

No decorrer da análise das publicações, seleccionadas a partir da revisão de literatura, verificou-se a existência de lacunas de informação relativas a algumas dimensões e alguns modelos. A informação adicional foi obtida a partir das referências realizadas nas próprias publicações iniciais, e incluiu não só publicações revistas pelos pares, mas também relatórios de projectos científicos ou de grupos de trabalho de várias instituições (p.e. EFI, FAO e IIASA). Para além destas, durante o desenvolvimento da Dissertação e até 27 de Setembro de 2019, foram mantidos alertas activos para as pesquisas iniciais, tendo desta forma sido identificadas 114 publicações adicionais, das quais 28 foram consideradas para análise (ver Anexo 3 - Lista 2) usando os mesmos critérios que foram aplicados para selecção das publicações iniciais (ver ponto 3.1.2)

4. RESULTADOS

Neste capítulo é apresentada uma sistematização da informação recolhida sobre as dimensões caracterizadoras dos MSF (resumo no Anexo 4), onde são descritas as particularidades relevantes de cada um de forma a agilizar a comparação entre eles. É assim, também facilitada a comparação das características dos MSF com as do sector florestal português. Dado o objectivo principal do estudo, foi dada especial atenção à descrição das características que mais directamente se relacionam com a produção primária (crescimento e gestão florestais).

4.1. Abrangência da economia

Os modelos sectoriais numéricos são por definição modelos parciais, ou seja, abrangem apenas uma parte da economia, sendo designados internacionalmente por *Partial Equilibrium Models* (Latta et al., 2013). Existem, no entanto, modelos que englobam a totalidade da economia - designados internacionalmente por *General Equilibrium Models* e que permitem também analisar o sector florestal (Buongiorno et al., 2003). De uma forma geral, no entanto, considera-se que o sector florestal não tem um impacto significativo na dinâmica geral das economias onde se insere, pelo que a maior parte da modelação do sector florestal é realizada com base em modelos de equilíbrio parcial (Toppinen & Kuuluvainen, 2010). Todos os modelos considerados neste estudo são modelos de equilíbrio parcial.

4.2. Dimensão espacial e âmbito geográfico

A caracterização da dimensão espacial dos MSF relaciona-se principalmente com a consideração ou não de custos de transporte na representação do comércio entre mercados fisicamente separados (entre Países ou entre grandes regiões geográficas, p.e. entre a Europa de Leste e a América do Sul). Os MSF que consideram estes custos de transporte, são considerados, no conceito de Samuelson (1952), como modelos espaciais, ou internacionalmente - *Spatial Equilibrium Models*. No contexto da aplicação dos MSF para avaliação dos efeitos de políticas, Adams e Haynes (1999) define modelos espaciais como aqueles que consideram pelo menos duas regiões produtoras e duas regiões de procura.

Os MSF identificados neste estudo, apresentam diferentes abordagens quanto à consideração dos custos de transporte. De uma forma geral os MSF encontrados são espaciais em algum grau, variando no detalhe da explicitação dos custos de transporte e/ou da agregação geográfica dos mercados. Os MSF que consideram os custos de transporte mais detalhados e desagregados geograficamente são o GFPM, o CGTM e o EFI-GTM, sendo os dois primeiros considerados como os únicos MSF verdadeiramente globais (Buongiorno et al., 2003). No caso do GFPM, os custos de transporte são explicitados entre os 180 Países que constituem mercados distintos (Buongiorno & Zhu, 2017), sendo que o CGTM considera custos de transporte explícitos entre mercados e por produto (Perez-Garcia, Joyce, & McGuire, 2002) para 43 regiões produtoras de matéria-prima

florestal e 33 regiões consumidoras, resultando em mais de 400 fluxos comerciais entre mercados distintos (Buongiorno et al., 2003). Estas regiões apresentam desagregações diversas, podendo abranger sub-divisões de Países como os EUA e Canadá, Países individuais e agregações de Países (Perez-Garcia, Wang, & Xu, 1999).

O USFPM tendo sido criado como um módulo do GFPM (desagrega regiões dentro dos EUA), mantém as características gerais e de dimensão espacial do GFPM (Ince, Kramp, Skog, Yoo, & Sample, 2011).

O EFI-GTM é considerado um modelo multi-regional, com 57 regiões que abrangem todo o mundo (Kallio, Chudy, & Solberg, 2018; Kallio, Solberg, Käär, & Päivinen, 2018), sendo que a região europeia é desagregada em 33 Países (Kallio & Solberg, 2018). O EFI-GTM apresenta custos de transporte explícitos entre mercados e por produto (Moiseyev, Solberg, Kallio, & Lindner, 2011), perdendo comparativamente detalhe na explicitação dos custos de transporte devido à maior agregação dos mercados considerados.

Existe um conjunto de modelos com foco nacional, onde se inclui o FASOM-GHG que considera 11 regiões no mercado dos EUA e a existência de comércio internacional com o Canadá e com uma região para o “Resto do Mundo” (Beach et al., 2010). Desta forma, não é possível distinguir os custos de transporte entre os diferentes parceiros comerciais internacionais pelo que o FASOM-GHG não deve ser considerado como um modelo espacial (internacional) no conceito de Samuelson (1952). Neste modelo e para os EUA, os custos de transporte entre as regiões são obtidos de forma indirecta, com base no pressuposto de que as diferenças de preços regionais relativamente ao preço médio nacional refletem esses custos (Adams, Alig, Callaway, McCarl, & Winnett, 1996; Adams, Alig, McCarl et al., 1996). Desta forma poder-se-ia considerar o FASOM-GHG como espacial (ao nível interno), mas na realidade o pressuposto do cálculo dos custos de transporte inter-regionais, é algo forte, pelo que a influência dos custos de transporte na dinâmica do modelo deve ser analisada com precaução. Aliás, neste âmbito e de acordo com Adams e Haynes (1999), o FASOM deve ser considerado um modelo multi-regional de equilíbrio de preço não-espacial.

O PNW-RM, é na sua base uma variante regional do FASOM (Latta et al., 2013) de aplicação limitada aos Estados de Oregon e Washington (Adams & Latta, 2007). O seu âmbito geográfico é limitado, e não considerando explicitamente os custos de transporte relativos ao comércio internacional, não deve ser considerado um modelo espacial no conceito de Samuelson (1952).

A variante europeia EUFASOM, apresenta uma abrangência geográfica estruturalmente semelhante ao FASOM, sendo que as 11 regiões dos EUA são substituídas por 32 Países Europeus, mantendo-se os restantes mercados agrupados na região “Resto do Mundo”. O EUFASOM, difere substancialmente do FASOM na sua dimensão espacial já que os custos de transporte são explícitos entre mercados e por produto (Lauri, Kallio, & Schneider, 2013), podendo, portanto, considerar-se como um modelo espacial à escala europeia.

Os modelos de foco nacional são principalmente escandinavos (SF-GTM, NTM, NorFor e NFSM) e são, na sua dimensão espacial, estruturalmente semelhantes ao FASOM-GHG. O SF-GTM apresenta

14 regiões finlandesas e uma para o “Resto do Mundo” considerando custos de transporte explícitos entre as regiões finlandesas e por produto (Kallio, 2010), mas não os considerando de forma explícita entre mercados internacionais.

O NTM e o NorFor têm o mesmo âmbito geográfico considerando 19 regiões norueguesas, a Suécia e o “Resto do Mundo” (Sjølie, Latta, & Solberg, 2013c; Trømborg & Sjølie, 2011). Os custos de transporte são explícitos entre todas as regiões, quer no NTM (Sjølie, Latta, Trømborg, Bolkesjø, & Solberg, 2015; Trømborg & Sjølie, 2011), quer no NorFor (Hurmekoski & Sjølie, 2018; Sjølie, Latta, & Solberg, 2016; Trømborg & Sjølie, 2011). No entanto, dado que os parceiros de comércio internacional estão agregados numa só região “Resto do Mundo” (excepto a Suécia) a influência dos custos de transporte no comércio internacional deve ser analisada com precaução. No entanto, ambos os modelos podem ser considerados espaciais para as regiões Norueguesas e a Suécia.

Refira-se ainda que estes dois modelos tratam a relação com as regiões internacionais de forma diferenciada, sendo estas consideradas no NorFor apenas como parceiro comercial (através do saldo da balança comercial) sem modelar a sua produção florestal e industrial (Sjølie, Latta, Adams, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2016). Por oposição, no NTM as regiões internacionais são caracterizadas tal como as regiões da Noruega, com exploração florestal, produção industrial e procura (Sjølie et al., 2015).

O NFSM apresenta uma estrutura espacial diferente, dos restantes modelos escandinavos, na medida em que considera divisões regionais na Finlândia, na Suécia e na Noruega (10 regiões cada), a Dinamarca como região indivisa e o “Resto do Mundo”, explicitando os custos de transporte por produto entre todas as regiões (Mustapha, Trømborg, & Bolkesjø, 2017).

Existe ainda o FFSM, outro modelo com foco nacional (no caso na França continental), que difere dos restantes modelos no sentido em que utiliza duas teorias em simultâneo para considerar a dimensão espacial. O FFSM baseia-se no conceito de Samuelson (1952) para representar o comércio entre as 22 regiões francesas consideradas, mas utiliza o conceito de elasticidades de Armington (Armington, 1969) para representar o comércio internacional (Sauquet et al., 2011). Este conceito considera que os fluxos de comércio internacional dependem, para além dos custos de transporte entre mercados, também de factores não conhecidos, ou seja considera que os produtos no comércio internacional não são substitutos perfeitos dos produtos nacionais. Refira-se ainda que no caso do FFSM o comércio internacional é realizado com apenas uma região, “Resto do Mundo”, não podendo, portanto, ser considerado um modelo espacial, no conceito de Samuelson (1952).

4.3. Capacidade de previsão das condições de mercado

Os MSF caracterizam-se de duas formas quanto à capacidade de previsão das condições futuras dos mercados por parte dos seus agentes - a visão perfeita e a visão imperfeita (Adams & Haynes, 1999; Latta et al., 2013).

No pressuposto de visão perfeita assume-se que os agentes de mercado conseguem prever com exactidão a influência que as suas decisões de produção e consumo têm nos preços e quantidades de mercado no futuro. No pressuposto de visão imperfeita assume-se que os agentes de mercado têm apenas conhecimento exacto da informação de mercado para o período corrente (Adams & Haynes, 1999; Buongiorno et al., 2003).

Os MSF de visão perfeita são menos comuns, por serem mais complexos e gerando problemas matemáticos de maior dimensão (Latta et al., 2013). Consideram-se neste grupo o FASOM-GHG, os modelos consigo relacionados - o PNW-RM e o EUFASOM, e o NorFor (Hurmekoski & Sjølie, 2018). Todos os restantes MSF baseiam-se numa capacidade de visão imperfeita por parte dos agentes de mercado. O modelo NorFor apresenta uma particularidade pois tendo sido construído como modelo de visão perfeita permite procurar soluções com visão imperfeita (Sjølie, Latta, Adams, & Solberg, 2011).

4.4. Horizonte temporal

Os MSF distinguem-se quanto ao horizonte temporal sob duas vertentes: quanto à duração do horizonte de planeamento e quanto à duração dos períodos de equilíbrio (sub-divisões do horizonte de planeamento). Quanto ao horizonte de planeamento foram encontrados MSF de curto (10 a 25 anos), médio (25 a 50) e longo prazo (mais de 50 anos) e quanto à duração dos períodos foram encontrados MSF com iterações anuais e outros que utilizam períodos de cinco anos. Foi também possível identificar uma relação entre estas duas vertentes nomeadamente, os MSF com horizontes de planeamento de longo prazo apresentam períodos de equilíbrio de 5 anos, sendo o caso do FASOM-GHG (Alig, Latta, Adams, & McCarl, 2010; Haim, White, & Alig, 2014; Latta, Adams, Alig, & White, 2011), do EUFASOM (IIASA, 2006; Schneider, et al., 2008), do PNW-RM (Adams & Latta, 2005, 2007; Im, Adams, & Latta, 2007; Latta, Adams, Bell, & Kline, 2016) e do NorFor (Sjølie, Latta, Adams, & Solberg, 2011; Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2015). O FFSM é uma excepção pois pode abranger horizontes de planeamento de longo prazo com uma duração dos períodos de equilíbrio de um ano (Lobianco et. al, 2016a, b). Os restantes modelos utilizam períodos de equilíbrio de um ano (ver Anexo 4).

4.5. Escala temporal da optimização

Nesta dimensão os MSF distinguem-se em dinâmicos recursivos e intertemporais (Latta et al., 2013). Os modelos intertemporais optimizam todos os períodos do horizonte temporal em simultâneo enquanto que os modelos dinâmicos recursivos optimizam um período de cada vez, usando como informação de entrada em cada período, aquela que resulta da optimização do período anterior (actualização recursiva) (Adams & Haynes, 1999).

Os modelos intertemporais assumem que os agentes de mercado possuem toda a informação sobre as futuras condições de mercado, decidindo em consonância qual o melhor uso florestal

considerando os seus custos de oportunidade. Os modelos dinâmicos recursivos optimizam cada período sem considerar qualquer informação sobre os períodos seguintes (Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011).

Esta dimensão surge, portanto, associada à capacidade de visão do modelo, estabelecendo-se uma relação entre a visão perfeita e os modelos intertemporais e por outro lado, entre a visão imperfeita e os modelos dinâmicos recursivos (Adams & Haynes, 1999). Adicionalmente (Latta et al., 2013) associa à visão perfeita e, portanto, aos modelos intertemporais, a capacidade de simular o crescimento florestal dependendo da gestão florestal praticada.

Dos modelos analisados apenas o FASOM-GHG, EUFASOM, PNW-RM e o NorFor são intertemporais (Latta et al., 2013), sendo todos os restantes dinâmicos recursivos (ver Anexo 4).

4.6. Níveis de mercado

Um nível de mercado refere-se a uma etapa do processo produtivo, sendo em cada um estabelecida uma relação de oferta e procura que determina o preço de equilíbrio de um determinado produto (Adams & Haynes, 1999).

A extensão da cadeia produtiva considerada nos vários MSF varia, desde os que consideram apenas a primeira etapa, a dos produtos primários não processados - os toros de madeira, até aos que chegam ao consumidor final de produtos florestais transformados. Exemplos deste último caso são o CGTM (Perez-Garcia, Joyce, & McGuire, 2002) e o FASOM-GHG (Alig et al., 2010; Beach et al., 2010) considerando este, a madeira serrada e os painéis de partículas e contraplacados que são adquiridos por um consumidor final não-industrial (no caso comprados por particulares e usados na construção/remodelação das próprias habitações nos EUA). Com apenas um nível de mercado - o dos toros de madeira, surge o PNW-RM (Latta et al., 2013). O FASOM apesar de inicialmente abranger apenas o mercado dos toros, evoluiu para o FASOM-GHG incorporando níveis de mercado adicionais e abrangendo produtos florestais intermédios e finais, ou seja, passou a incluir a transformação industrial e respectivos produtos transformados (Latta et al., 2013).

Os restantes MSF apresentam mais do que uma etapa da cadeia produtiva (ver Anexo 4). No entanto, o mais habitual é a consideração de três níveis de mercado terminando na produção de um bem de consumo industrial próximo do consumidor final, como por exemplo na produção de papel e de *pellets* como o NorFor (Sjølie et al., 2015). Os MSF que consideram a produção de pasta e de papel ou cartão de forma não integrada apresentam pelo menos dois níveis de mercado endógenos como é o caso do GFPM (Buongiorno et al., 2003; Ince, Kramp, & Skog, 2012), sendo que ao considerar o módulo USFPM passa também a incluir o mercado da madeira em pé (Ince et al., 2012) distinguindo-se assim três níveis de mercado endógenos.

Refira-se, no entanto, que a procura do produto final é definida com base em relações econométricas com variáveis exógenas (normalmente o PIB per capita em combinação ou não com outras variáveis macroeconómicas). Ou seja, este último nível de mercado não se considera endógeno.

4.7. Diversidade de produtos

Os MSF caracterizam-se de diversas formas quanto à diversidade de produtos florestais considerados de forma endógena e quanto às suas inter-relações de mercado. A sua diversidade relaciona-se principalmente com o número de níveis de mercado e com a quantidade de fileiras consideradas. Quanto mais longas são as cadeias de produção, abrangendo desde os produtos primários, aos intermédios e até aos finais e maior for o número de fileiras consideradas, maior é a quantidade de produtos abrangidos pelo MSF.

Apenas o PNW-RM apresenta um único produto - os toros de resinosa para serração (Latta, et al., 2016), e neste caso específico de *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Mayr) Franco (Adams & Latta, 2005). Os restantes MSF encontrados são multi-produto, mas não apresentam necessariamente mais do que um nível de mercado. Refira-se também que foram encontrados modelos que abrangem uma quantidade considerável de produtos, como o EUFASOM que inclui dezassete produtos finais industriais, quatro categorias de pasta, seis produtos secundários, três categorias de papel reciclado, seis categorias de toros, três categorias de estilha e duas categorias de madeira reciclada (Lauri et al., 2013).

É também de referir que existem diferentes tipos de relações entre os produtos considerados num MSF. Existem modelos que admitem a possibilidade de um determinado produto primário ou intermédio poder ser substituído por outro para a produção de um terceiro produto. Esta liberdade de alocação de produtos primários (p.e. toros de diferentes classes diâmetros) fica apenas dependente dos preços, ou seja, caso o preço da madeira para serração seja inferior ao da madeira para trituração, o MSF aloca a madeira de serração, em primeiro lugar para trituração e só depois para serração. Esta é a designada capacidade de substituição entre produtos, que pode incluir também outras fileiras, como por exemplo a da produção de energia a partir de biomassa florestal. Nomeadamente, no GFPM (Buongiorno, Raunikar, & Zhu, 2011; Buongiorno et al., 2003; Ince et al., 2012; Raunikar, Buongiorno, Turner, & Zhu, 2010), no USFPM (Ince et al., 2011, 2012; Raunikar et al., 2010) a madeira para transformação industrial (toros) pode ser direcionada para biomassa (*fuelwood*) caso o seu preço seja mais elevado. No caso do GFPM existe, no entanto, uma limitação, pois os produtos primários não são distinguidos entre resinosas e folhosas, sendo que no módulo USFPM essa distinção já é considerada, mas apenas para os EUA (Ince et al., 2012). Em comparação com o GFPM, no USFPM é ainda adicionalmente considerada a possibilidade de utilização de madeira de serração para produção de produtos industriais baseados em processos de trituração como a pasta de celulose e painéis aglomerados (Ince et al., 2012).

O FASOM-GHG possibilita também a substituição entre produtos, nomeadamente de madeira de serração para madeira de trituração (pasta de celulose e painéis) e ainda para biomassa para energia (Adams, Alig, Callaway et al., 1996; Alig, Adams, Chmelik, & Bettinger, 1999; Beach et al., 2010). Adicionalmente, e dado que o FASOM-GHG inclui o sector agrícola, existe também a possibilidade de substituição de produtos entre sectores, nomeadamente para a produção de energia (Beach et al.,

2010; Haim et al., 2014), ou seja, a biomassa agrícola (restolho, restos de podas, culturas energéticas etc.) compete com a biomassa florestal para a produção de energia.

No caso do EFI-GTM, apesar de não terem sido encontradas referências revistas pelos pares, é mencionado num relatório técnico a possibilidade de substituição entre categorias de produtos (Kallio, Moiseyev, & Solberg, 2004) e num outro relatório, é referida a possibilidade de utilização de toros de madeira de serração para produção de energia para biomassa caso os preços sejam competitivos (Kallio, Lehtilä, Koljonen, & Solberg, 2015).

O SF-GTM permite a possibilidade de substituição entre produtos através de uma relação de *input-output* específica para cada processo industrial, especificando o caso da utilização de toros de madeira de pinheiro de serração como toros para trituração (Kallio, 2010). No Norfor também se verifica a possibilidade de substituição entre produtos, neste caso também entre toros de madeira para serração e os para trituração, caso o preço da madeira para produção de pasta ou de energia seja competitivo (Sjølie et al., 2015). Já no NTM, não admitindo a possibilidade de substituição entre produtos primários, a oferta de toros de madeira de serração e para trituração funciona de forma independente (Sjølie et al., 2015).

O PNW-RM apresenta apenas um nível de mercado e um tipo de produto, os toros de resinosas para serração, ou seja, toros com diâmetros acima das 9 polegadas (22,86 cm) para produção de madeira serrada ou de contraplacados (Adams & Latta, 2005), não se colocando a hipótese de substituição de produtos dado que existe apenas um produto primário.

No caso do CGTM e NFSM não foram encontradas referências quanto à possibilidade de substituição entre os produtos primários. Refira-se, no entanto, que de uma forma implícita, pode concluir-se que o NFSM não considera a substituição entre produtos primários, uma vez que o modelo define à partida qual a proporção dos toros que são usados para produção de madeira serrada e para trituração. Esta proporção é estabelecida com base em dados históricos de consumo por parte das respectivas indústrias, não estando estabelecida uma forma dinâmica para prever a sua evolução na dependência das condições do mercado e da produção florestal (Mustapha, 2016; Mustapha et al., 2017).

O FFSM caracteriza os toros de madeira por classe de diâmetro, mas não foram encontradas referências explícitas sobre a possibilidade de substituição entre classes de diâmetro de serração e as classes de diâmetro para trituração, produção de pasta ou de bioenergia. No entanto na análise dos potenciais efeitos de políticas de estímulo ao consumo de energia a partir de biomassa florestal, analisou-se o seu impacto na produção de pasta (Caurla, Delacote, Lecocq, & Barkaoui, 2013) o que indica a existência de competição pela matéria-prima entre a produção de pasta e a de bioenergia. Por outro lado, a inexistência de coeficientes de *input-output* (Caurla, Lecocq, Delacote, & Barkaoui, 2010) de transformação de madeira de serração em pasta, bioenergia e painéis, permiti concluir que não foi considerada a possibilidade de substituição entre madeira de serração e madeira de trituração.

No EUFASOM existe a possibilidade de utilização de madeira para trituração na produção de energia e calor (Lauri, Kallio, & Schneider, 2012), mas não foi encontrada referência à possibilidade de utilização de madeira de serração para trituração. Refira-se, no entanto, que esta referência é realizada num contexto de crescente competição na procura de madeira para produção de energia e calor, não sendo, no entanto, referida competição pela procura de madeira de serração para este uso. As fontes de matéria-prima referidas para corresponder a este aumento de procura, são a madeira reciclada, a estilha (de resíduos de exploração, cepos e pequenas árvores), resíduos de serração (aparas e serradura), madeira para produção de pasta, casca e licor negro (Lauri et al., 2012). Pode-se com relativa segurança assumir que não existe utilização de madeira de serração para produção de energia e calor, mas não foram encontradas indicações quanto à possibilidade da sua utilização para a produção de pasta.

4.8. Gestão florestal

Os MSF diferem na abordagem à dimensão “gestão florestal” entre os que a consideram endógena e os que a consideram exógena, ou seja, consoante é dada ou não a possibilidade ao modelo para escolher, de entre um leque de possibilidades de gestão florestal, a que melhor contribui para a solução óptima global. Ou de outra forma, se é considerada ou não, a influência da gestão florestal no desenvolvimento dos recursos florestais.

No caso dos modelos que a consideram de forma exógena, esta pode ser estática ou variável. Uma gestão florestal estática indica que o modelo assume, de forma explícita ou implícita, a continuação da gestão florestal actual. Uma gestão florestal exógena e variável, indica que são consideradas diversas possibilidades de gestão florestal, mas cuja optimização é realizada fora do MSF, sendo condicionada pela procura determinada pelo MSF (ver neste ponto os casos do SF-GTM e o do EFI-GTM).

Na quase totalidade dos MSF, o modelo de gestão florestal consiste na condução de povoamentos em alto fuste regular. As exceções são o FFSM que considera a existência de povoamentos explorados em talhadia e mistos (alto-fuste e talhadia) (Lecocq, Caurila, Delacote, Barkaoui, & Sauquet, 2011), o PNW-RM que considera a condução de povoamentos irregulares (Adams & Latta, 2003, 2005; Latta & Adams, 2005) e o CGTM que considera a existência de povoamentos mistos, mas que de facto não explicita a gestão florestal realizada (Perez-Garcia, Joyce, & McGuire, 2002).

A gestão florestal é exógena no GFPM (Sjølie et al., 2013c), USFPM (Ince et al., 2011), EFI-GTM (Kallio, Moiseyev, & Solberg, 2006; Sjølie et al., 2013c), CGTM (Perez-Garcia, Joyce, McGuire, & Xiao, 2002), NTM (Sjølie et al., 2013c, 2015; Trømborg & Sjølie, 2011), NFSM (Mustapha et al., 2017). Estes modelos assumem implicitamente que a gestão florestal atual não se irá alterar, mantendo a composição e estrutura dos povoamentos actualmente existentes e baseando as estimativas do desenvolvimento dos recursos florestais com base na evolução histórica da quantidade de madeira em pé registada em inventários nacionais (mais informação no ponto 4.10).

No FFSM a única decisão de gestão florestal é a escolha entre resinosas e folhosas a quando da acção de rearborezação, sendo esta decisão baseada no rendimento anual equivalente de cada uma das opções (Lobianco, Cauria, Delacote, & Barkaoui, 2016; Lobianco, Delacote, Cauria, & Barkaoui, 2014b, 2016). Adicionalmente o FFSM permite definir uma taxa que representa a proporção de proprietários que exercem uma gestão florestal activa (Lobianco, Delacote, et al., 2016).

Como referido, existem modelos que consideram a gestão florestal de forma exógena e variável, que é o caso do SF-GTM que recorre ao simulador de povoamentos e optimizador da gestão florestal MELA (ver ponto 4.10) para estimar o desenvolvimento dos recursos florestais e optimizar a gestão florestal, subordinando-se às estimativas da procura produzidas pelas restantes componentes do SF-GTM (Kallio, Salminen, & Sievänen, 2013, 2016). No processo de optimização da gestão florestal, o MELA considera a possibilidade de realização das operações de preparação de terreno, de plantação ou regeneração natural, de manutenção dos povoamentos jovens, de desbaste e de corte final, sendo que para cada uma das operações são definidos critérios de aplicação, considerando-se também a possibilidade de não intervenção (Kallio et al., 2013). O processo de optimização vai maximizar o valor actual líquido dos cortes comerciais, considerando os preços de equilíbrio correspondentes à procura definida pelas restantes componentes do SF-GTM (Kallio et al., 2013, 2016).

Nos MSF em que a gestão florestal é considerada como variável endógena incluem-se o FASOM-GHG (Beach et al., 2010; Latta et al., 2011), o EUFASOM (Schneider et al., 2008), o PNW-RM (Adams & Latta, 2005, 2007; Adams, Schillinger, Latta, & Van Nalts, 2002) e o NorFor (Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie, Latta, & Solberg, 2013a; Sjølie, et al., 2015; Trømborg & Sjølie, 2011). Nestes casos, para além da gestão florestal influenciar directamente as estimativas de desenvolvimento dos recursos florestais (ver ponto 4.10), a sua escolha é realizada numa optimização integrada com as restantes componentes do MSF.

O FASOM-GHG, endogeniza a decisão sobre a idade de corte dos povoamentos existentes (respeitando uma idade mínima definida por região) bem como sobre a classe de intensidade de gestão⁷, tipo de floresta (por espécie dominante ou grupos de espécies) e idade de corte dos novos povoamentos (Adams, Alig, Callaway, et al., 1996; Beach et al., 2010). Estas decisões são efectuadas com base no princípio da maximização do Valor Esperado do Solo (VES), mas condicionadas a uma tendência histórica de transferência entre classes de intensidade de gestão, ou seja, nem toda a área disponível para arborização ou rearborezação, num determinado momento, é alocada à classe de intensidade de gestão com VES mais elevado. Os custos de produção são atribuídos por região considerando o período em que ocorrem e a classe de intensidade de gestão (Beach, et al., 2010). O FASOM-GHG baseia as estimativas do desenvolvimento dos recursos florestais em informação do simulador ATLAS (ver ponto 4.10), o que lhe permite incorporar a influência da gestão florestal no desenvolvimento dos recursos florestais.

⁷ O FASOM-GHG considera 18 classes de intensidade de gestão distribuídas pelas várias regiões e definidas por exemplo de acordo com a existência ou não desbastes, de cortes parciais ou de ausência de gestão (Beach et al., 2010).

No caso do EUFASOM (a variante europeia do FASOM-GHG), a gestão florestal é considerada endogenamente através da possibilidade de aplicação de diferentes regimes de desbaste⁸ (Schneider et al., 2008), da escolha da espécie dos novos povoamentos⁹ e do método de regeneração (IIASA, 2006).

A influência da realização dos desbastes no desenvolvimento dos recursos florestais existentes é estimada pelo modelo de crescimento de base empírica OSKAR (ver ponto 4.10) com base na modelação do auto-desbaste¹⁰, por região, espécie e classe de idade (IIASA, 2006). O modelo OSKAR gera também as estimativas de crescimento dos novos povoamentos para todas as alternativas de gestão possíveis por espécie e região (IIASA, 2006). Os custos das operações florestais em função da gestão florestal realizada, são também estimados pelo modelo OSKAR, sendo a idade do corte final determinada no processo de optimização baseando-se nos custos das operações florestais e receitas da venda de madeira (IIASA, 2006).

É, no entanto, de referir que as aplicações mais recentes do EUFASOM (Lauri et al., 2012, 2013) consideraram a gestão florestal de forma exógena, assumindo a continuação das actuais e implícitas gestão florestal e composição e estrutura dos povoamentos.

O PNW-RM foca-se no mercado dos toros de resinosas para serração (Adams & Latta, 2003, 2005; Adams et al., 2002; Latta & Adams, 2005; Schillinger, Adams, Latta, & Van Nalts, 2003) e essencialmente numa espécie - a pseudotsuga (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) (Adams et al., 2002; Im, Adams, & Latta, 2010; Schillinger et al., 2003). Este modelo considera a gestão florestal definindo classes de intensidade de gestão que variam consoante o tipo de floresta, o Índice de Qualidade da Estação (IQE) e a eco-região (Adams et al., 2002) mas também com as diferentes versões do modelo.

Os tipos de floresta considerados baseiam-se na realidade florestal da região dos EUA em foco neste modelo, o Pacífico Noroeste, podendo distinguir-se três grupos com base nas espécies florestais: a pseudotsuga, as outras resinosas e as folhosas (Adams et al., 2002; Schillinger et al., 2003), Adams (2002) considera ainda espaços florestais não arborizados.

A definição das classes de intensidade de gestão na sua versão mais complexa baseia-se na distinção entre tipos de floresta e considera diferentes opções para a rearborização (regeneração natural ou plantação), para a condução dos povoamentos (com desbaste pré-comercial e/ou desbaste comercial e possível fertilização) e para a exploração florestal (cortes parciais ou corte raso) (Adams et al., 2002; Schillinger et al., 2003), Adams (2002) considera ainda áreas não sujeitas a corte.

⁸ Na única publicação encontrada onde se descrevem os regimes de desbastes, são descritos três regimes alternativos: sem desbaste, desbaste corrente estimado, desbaste com remoção de no mínimo 25% em volume (IIASA, 2006).

⁹ Existe a possibilidade de restringir a alteração da espécie nas operações de rearborização (IIASA, 2006).

¹⁰ Detalhes da modelação do efeito dos desbastes em (Franklin, Aoki, & Seidl, 2009; Franklin et al., 2012)

A atribuição inicial da classe de intensidade de gestão a cada unidade de planeamento pode ser exógena (Adams & Latta, 2003; Adams et al., 2002; Latta & Adams, 2005; Schillinger et al., 2003) ou endógena (Adams & Latta, 2003, 2005; Latta & Adams, 2005). No entanto só são admitidas alterações de classe de intensidade de gestão após corte final (Adams & Latta, 2003; Schillinger et al., 2003). Alterações do tipo de floresta só são explicitamente consideradas em Schillinger (2003), não sendo admitida a conversão de povoamentos irregulares em regulares (Adams & Latta, 2003, 2005; Im et al., 2010; Latta & Adams, 2005; Schillinger et al., 2003) e vice-versa (Adams & Latta, 2003; Latta & Adams, 2005).

O PNW-RM considera para cada classe de intensidade de gestão, tipo de floresta e eco-região diferentes níveis de desenvolvimento dos recursos florestais baseados nos modelos de crescimento de base empírica ORGANON (Adams et al., 2002; Im et al., 2010; Schillinger et al., 2003) e FVS - *Forest Vegetation Simulator* (Adams & Latta, 2003, 2005, 2007; Latta & Adams, 2005) (ver ponto 4.10).

A escolha da classe de intensidade de gestão é endógena, incluindo também a decisão sobre a idade do corte final e o momento da eventual realização dos desbastes maximizando o valor actual líquido da floresta (Adams & Latta, 2007; Im et al., 2007, 2010).

O NorFor considera sete regimes de gestão florestal constituídos por diferentes combinações de operações florestais, incluindo desbaste pré-comercial promovendo folhosas ou promovendo resinosas, desbaste, tipo de regeneração¹¹ e a opção de não-gestão (Hurmekoski & Sjølie, 2018; Sjølie, 2011; Sjølie, Latta, Adams, & Solberg, 2011; Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2013c; Trømborg & Sjølie, 2011). Adicionalmente o NorFor considerou ainda em alguns estudos a opção de realizar fertilização (Sjølie et al., 2013c; Sjølie, Latta, & Solberg, 2013b).

A idade do corte final e o ano dos desbastes (pré-comerciais e comerciais) são determinados endogenamente, mas a realização dos desbastes é condicionada por um intervalo de idades admissíveis estabelecido exogenamente (Hurmekoski & Sjølie, 2018; Sjølie, Latta, Adams, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2013a, 2013c, 2015; Trømborg & Sjølie, 2011). A realização de desbastes pré-comerciais é também condicionada pela satisfação de um critério de densidade mínima e por quatro combinações possíveis de densidade e composição pós-desbaste (Sjølie, 2011; Trømborg & Sjølie, 2011). No caso dos desbastes comerciais, para além do intervalo de idades admissível, é apenas definida a regra de remover 25% da área basal em cada operação de desbaste (Trømborg & Sjølie, 2011).

O NorFor, para a actividade de regeneração, considera as variantes de plantação ou regeneração natural com diferentes densidades e composição em espécies florestais (pinheiro-silvestre, espruce-europeu e bétula) (Sjølie, 2011; Sjølie et al., 2013c, 2013a, 2013b, 2016). Após a realização do corte final, o regime de gestão é escolhido endogenamente (Sjølie, 2011; Sjølie, Latta, Adams, & Solberg,

¹¹ O NorFor distingue entre plantação e regeneração natural, considerando neste caso a possibilidade de realizar cortes sucessivos (*shelter wood*) nos povoamentos de espruce-europeu deixando 50% da área basal, e de realizar cortes de sementeira (*seed tree cut*) nos povoamentos de pinheiro-silvestre, deixando 50 sementões por hectare (Trømborg & Sjølie, 2011).

2011; Sjølie et al., 2013a, 2015), sendo que uma mudança de regime de gestão só é possível após corte raso (Sjølie, 2011). O Norfor considera também a possibilidade de não se realizar o corte final (Sjølie, 2011; Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2013c).

Adicionalmente o NorFor considera a possibilidade do uso dos resíduos de exploração florestal para produção de bioenergia (Hurmekoski & Sjølie, 2018; Sjølie, 2011; Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2013c, 2013a, 2013b; Trømborg & Sjølie, 2011), sendo estes quantificados através de funções de cálculo de biomassa (Hurmekoski & Sjølie, 2018; Sjølie, 2011; Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2013c; Trømborg & Sjølie, 2011).

Os custos das operações florestais são definidos, sem desagregação espacial, para a preparação de terreno, plantação, desbaste pré-comercial, desbaste e fertilização, sendo no caso da plantação dependentes da sua densidade (Sjølie, 2011) e no caso dos desbastes dependentes do número árvores retiradas e da sua altura (Trømborg & Sjølie, 2011). Já em relação aos custos de exploração, em versões iniciais do NorFor estes foram considerados como médias à escala regional (Sjølie, 2011; Trømborg & Sjølie, 2011) mas passaram mais tarde a estar desagregados à escala da parcela de inventário (Sjølie et al., 2013c, 2015, 2016) dependendo de vários factores como o volume das árvores, a densidade do povoamento, o declive e a distância à estrada (Sjølie et al., 2013c, 2016).

Para simular o efeito do regime de gestão florestal no crescimento da quantidade de madeira em pé, o NorFor usa o modelo de crescimento ao nível do povoamento Gaya (ver 4.10) (Sjølie, 2011; Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2013a, 2013c, 2015; Trømborg & Sjølie, 2011) que simula o crescimento dos povoamentos para cada um dos regimes de gestão florestal admissíveis¹² (Sjølie, 2011; Sjølie, et al., 2011; Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2013a, 2013b, 2016, 2015; Trømborg & Sjølie, 2011).

As resultantes Tabelas de Produção são depois incorporadas no processo de optimização (Sjølie, 2011; Sjølie, Latta, Adams, & Solberg, 2011; Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2013c, 2013b, 2016, 2015; Trømborg & Sjølie, 2011) que escolhe a combinação, correspondente à solução óptima global, em termos de regime de gestão florestal, a idade de corte final ou a sua inexistência e o método de regeneração (incluindo a composição das espécies e densidade) (Sjølie et al., 2013c, 2013b; Trømborg & Sjølie, 2011).

4.9. Alteração do uso do solo

São vários os MSF que endogeneizam a decisão de alteração do tipo de uso florestal com base na maximização do valor da floresta (ver ponto 4.8), no entanto apenas dois MSF consideram endogenamente a decisão de alteração do uso do solo, de florestal para agrícola e no sentido

¹² A realização de cada operação florestal está dependente do cumprimento de critérios de admissibilidade para a sua realização, com base nas características dos povoamentos (Bergseng et al., 2012; Bergseng, Eid, Løken, & Astrup, 2013; Raymer, Gobakken, Solberg, Hoen, & Bergseng, 2009).

inverso, sendo eles o FASOM-GHG (Adams, Alig, Callaway et al., 1996; Beach et al., 2010) e o EUFASOM (Schneider et al., 2008).

Em ambos os modelos, em cada período um agricultor ou produtor florestal pode decidir se continua a praticar a mesma actividade, e se mantém o tipo de gestão, ou se muda de ramo de actividade. Esta decisão é realizada com base na rentabilidade relativa de cada opção em cada momento de decisão (Adams, Alig, Callaway et al., 1996; Beach et al., 2010; Schneider et al., 2008).

Existem ainda dois modelos que consideram a existência de variações na área de uso florestal, mas de forma exógena. Estas variações baseiam-se nas tendências de séries históricas no caso do PNW-RM (Adams et al., 2007) e do USFPM/GFPM para os EUA (Ince et al., 2011) enquanto que para os restantes Países se baseiam em estimativas de variação do PIB *per capita* (Buongiorno & Zhu, 2017; Ince et al., 2011; Raunika et al., 2010; Turner, Buongiorno, & Zhu, 2006).

4.10. Dinâmica do crescimento florestal

Os modelos encontrados diferem entre si quanto à abordagem para estimar a dinâmica dos recursos florestais ao longo do horizonte de planeamento. Foram encontradas duas abordagens gerais em que os modelos podem ser agrupados, sendo que alguns alteraram a sua abordagem ao longo do tempo, nomeadamente:

- os que se baseiam na evolução histórica dos grandes agregados dos inventários florestais nacionais (variação de *stock*);
- os que se baseiam em Tabelas de Produção ou modelos de crescimento florestal.

O GFPM usa como informação inicial sobre o nível dos recursos florestais, dados publicados pela FAO (Buongiorno, 2014; Raunika et al., 2010; Turner et al., 2006). As taxas de crescimento estimadas correspondem à variação média anual da quantidade de madeira em pé, reportada em duas publicações consecutivas da FAO, eliminando o efeito dos cortes e de eventuais variações de área florestal (Buongiorno, 2014; Turner et al., 2006). O cálculo desta taxa inclui ainda um ajustamento relativo à densidade florestal e à importância relativa da área de plantações em cada País (Buongiorno, 2014; Raunika et al., 2010; Turner et al., 2006). A dinâmica dos recursos florestais entre dois períodos consecutivos, varia de acordo com as taxas de crescimento estimadas, com as variações de área florestal (determinadas em função da evolução estimada do PIB *per capita*) e com os cortes realizados no período (determinados endogenamente pelo próprio modelo) (Buongiorno, 2014; Turner et al., 2006). A representação desta dinâmica assume, portanto, a forma de uma equação do tipo *growth-drain*¹³ (Buongiorno, 2014; Turner et al., 2006).

¹³ No contexto dos modelos em análise, uma equação do tipo *growth-drain* é uma forma habitual de relacionar o nível dos recursos florestais entre períodos consecutivos. Esta equação assume a forma geral de $G_t = G_{t-1} \times (1+g) - m_t - h_t$ em que G_t é o volume de madeira no final do período t , G_{t-1} é o volume de madeira no final do período $t-1$, g é o acréscimo devido ao crescimento biológico, m_t é a mortalidade natural durante o período t e h_t é o volume explorado durante o período t .

O USFPM usa a mesma metodologia do GFPM, mas considera o nível inicial dos recursos florestais e suas taxas de crescimento, com uma desagregação dos EUA em três regiões e entre resinosas e folhosas (Ince et al., 2011, 2012). Estes parâmetros têm como fonte os dados de inventário florestal regionais reportados em Ince et al. (2011) e as taxas de crescimento estimadas em Smith (2009) (Ince et al., 2011, 2012).

No caso do CGTM, e quanto à informação sobre o nível inicial dos recursos florestais, foram encontradas referências à utilização de dados de inventário (Perez-Garcia, Joyce, Binkley, & McGuire, 1997; Perez-Garcia, Joyce, & McGuire, 2002; Perez-Garcia, Joyce, McGuire, & Xiao, 2002) mas sem a indicação sobre a fonte concreta desses dados. Quanto à sua dinâmica foi encontrada uma referência, não revista pelos pares, em que se refere o recurso a vários modelos de projeção de inventário florestal entre eles o ATLAS e o SRTS¹⁴ (Perez-Garcia et al., 1999).

Noutras referências o CGTM usou como taxa de crescimento da madeira em pé, a variação da produtividade primária líquida (pelo efeito da variação das condições climáticas) estimada por um modelo de ecossistema de base processual, o TEM¹⁵ (Perez-Garcia et al., 1997; Perez-Garcia, Joyce, & McGuire, 2002; Perez-Garcia, Joyce, McGuire, & Xiao, 2002). As taxas de variação anual do nível de carbono da vegetação estimadas pelo TEM, foram usadas como coeficiente de variação anual da quantidade de madeira em pé no CGTM (Perez-Garcia, Joyce, & McGuire, 2002; Perez-Garcia, Joyce, McGuire, & Xiao, 2002). O TEM, não considera a influência da gestão florestal nas suas estimativas de desenvolvimento dos recursos florestais e os coeficientes de variação estimados foram aplicadas igualmente para todas as classes de idade (Perez-Garcia, Joyce, McGuire, & Xiao, 2002). O CGTM usa uma equação do tipo *growth-drain* para representar a dinâmica dos recursos florestais em períodos consecutivos (Perez-Garcia et al., 1997; Turner e Buongiorno, 2003; Turner et al., 2006).

Refira-se ainda, que o TEM é um modelo de vegetação natural no estado maduro, não especificando espécies florestais, nem abrangendo as plantações florestais (Perez-Garcia, Joyce, & McGuire, 2002; Perez-Garcia, Joyce, McGuire, & Xiao, 2002). O TEM distingue nove tipos de ecossistemas florestais à escala global que são reclassificados para uso no CGTM, numa base regional em dois tipos: resinosas e folhosas (Perez-Garcia et al., 1997; Perez-Garcia, Joyce, & McGuire, 2002) ou em três tipos: resinosas, folhosas e vegetação mista (Perez-Garcia, Joyce, & McGuire, 2002).

¹⁴ ATLAS (Mills & Kincaid, 1992) (ver detalhes na nota de rodapé 21, pág. 71) e SRTS (Pacheco et al, 1996 citado em Perez-Garcia et al., 1999). Estes dois modelos são usados nos EUA e já foram usados como suporte à elaboração de relatórios oficiais sobre o estado atual e futuro das florestas nos EUA (os RPA timber assessment). O recurso à sua utilização pelo CGTM, é um indicador que os dados iniciais do CGTM, pelo menos para os EUA, deverão provir do inventário florestal dos EUA, uma vez que estes modelos foram construídos para trabalhar com base nesses dados oficiais.

¹⁵ O TEM (Melillo et al., 1993) é um modelo de ecossistema processual que produz estimativas de armazenamento e fluxos de carbono e nitrogénio para diferentes ecossistemas terrestres em todo o globo. Apresenta estimativas ao longo do tempo e numa grelha de 0,5° x 0,5° (Perez-Garcia, Joyce, & McGuire, 2002; Perez-Garcia et al., 1997). O TEM calcula a Produtividade Primária Líquida mensal como a diferença entre a Produtividade Primária Bruta e a respiração (de manutenção e de crescimento). A quantidade de radiação disponível, água e nitrogénio, temperatura do ar e concentração atmosférica de dióxido de carbono são factores usados no cálculo da Produtividade Primária Bruta (McGuire et al., 1992, citado em Perez-Garcia et al., 1997) O TEM foi espacialmente globalizado em Melillo et al. (1993) (Perez-Garcia et al., 1997).

O modelo EFI-GTM assume como nível inicial dos recursos florestais, dados publicados pela FAO (Kallio et al., 2004) podendo estes ser complementados com informação da base de dados de inventários florestais nacionais do EFI (Eriksson, Gustavsson, Hänninen, & Kallio, 2009). Quanto à dinâmica de crescimento da quantidade de madeira em pé, o EFI-GTM geralmente assume taxas de crescimento tendo como base dados reportados em publicações da FAO (Eriksson et al., 2009; Kallio et al., 2004) podendo estas ser também complementadas com informação da base de dados de inventário do EFI (Eriksson et al., 2009). No entanto, em algumas aplicações do EFI-GTM, estas taxas provêm de estimativas sobre a dinâmica dos recursos florestais do simulador EFISCEN¹⁶, nomeadamente:

- Em Solberg, Moiseyev, e Kallio (2003) o EFI-GTM usa como referência as taxas de crescimento estimadas pelo EFISCEN (Nabuurs, Pussinen, Karjalainen, Erhard, & Kramer, 2002). Estas taxas foram empiricamente calculadas a partir de séries de dados de inventários florestais nacionais (Nabuurs et al., 2002).
- Em Moiseyev, Solberg, Kallio, e Lindner (2011) o EFI-GTM usa as estimativas do EFISCEN do nível anual de exploração florestal sustentável para atualizar as funções de oferta¹⁷ de material lenhoso em cada período. Adicionalmente, o nível anual de exploração determinado pelo EFI-GTM é condicionado pelo nível anual de exploração florestal sustentável estimado pelo EFISCEN.
- Em Hurmekoski e Hetemäki (2013) o EFI-GTM é aplicado apenas como módulo de mercado, sendo-lhe fornecido como informação de entrada, o futuro estado dos recursos florestais resultado de uma simulação do EFISCEN (para determinadas condições de mercado e de gestão florestal). Nesta situação o EFI-GTM vai encontrar o equilíbrio de mercado, baseado em dados totalmente exógenos sobre a dinâmica dos recursos florestais.

O EFI-GTM tem a capacidade de usar as taxas de crescimento com desagregação regional (Kallio et al., 2004; Kallio et al., 2006; Kallio & Solberg, 2018; Norwegian University of Life Sciences, 2011; Solberg, Moiseyev, & Kallio, 2003; Solberg, Moiseyev, Kallio, & Toppinen, 2010) e é possível usar um coeficiente que permite variar anualmente a taxa de crescimento da madeira em pé independentemente da sua fonte (Kallio et al., 2006; Solberg et al., 2003). Quanto à dinâmica entre

¹⁶ O EFISCEN (Schelhaas et al., 2007) produz estimativas sobre o nível máximo sustentável de exploração anual dos recursos florestais (cortes finais e desbastes) num horizonte de planeamento de 100 anos (Moiseyev et al., 2011). O EFISCEN projecta o desenvolvimento dos recursos florestais (com recurso a matrizes de transição entre classes de idade e de volume para cada tipo de floresta) com um fluxo constante e sustentável (exploração não pode ser maior do que o acréscimo) para povoamentos regulares a nível europeu, condicionadas por um determinado nível de procura de material lenhoso. Usa acréscimos médios anuais (alguns por classe de idade) normalmente calculados a partir de dados de Inventários Florestais Nacionais ou de tabelas de produção empíricas (Schelhaas, Nabuurs, & Verkerk, 2016; Schelhaas et al., 2007), podendo ser escaladas (crescimento relativo) em relação ao nível base actual (Eggers, Lindner, Zudin, Zaehle, & Liski, 2008; Schelhaas et al., 2007). Em termos de gestão florestal, são estabelecidas idades mínimas de corte final e períodos em que os desbastes podem ocorrer a partir de recomendações nacionais. Não é adequado para espécies de rápido crescimento por funcionar em períodos de 5 anos (Nabuurs et al., 2002; Schelhaas et al., 2007).

¹⁷ As funções de oferta incluem, como um dos parâmetros, a quantidade de madeira em pé disponível para exploração em cada período, sendo neste caso usadas as quantidades estimadas pelo EFISCEN.

períodos, o EFI-GTM usa uma equação do tipo *growth-drain* para actualizar o nível dos recursos florestais em períodos consecutivos (Kallio et al., 2006; Kallio et al., 2004; Kallio & Solberg, 2018; Norwegian University of Life Sciences, 2011; Solberg et al., 2003, 2010).

O NTM ao focar-se na produção florestal apenas da Noruega, assume como dados iniciais do nível de recursos florestais, a informação estatística oficial relativa ao inventário florestal nacional da Noruega (Bolkesjø, 2005; Bolkesjø, Trømborg, & Solberg, 2005; Sjølie, Trømborg, Solberg, & Bolkesjø, 2010; Trømborg, Bolkesjø, & Solberg, 2007; Trømborg & Sjølie, 2011). No NTM, a taxa de crescimento da quantidade de madeira em pé corresponde à taxa de variação de volume em pé, obtida com base em dados de inventários florestais nacionais sucessivos, para cada região e espécie florestal (espruce-europeu, pinheiro-silvestre e não-coníferas (Bolkesjø, 2005; Bolkesjø et al., 2005; Trømborg & Sjølie, 2011). A atualização da quantidade da madeira em pé disponível para o período seguinte é calculada através de uma equação do tipo *growth-drain* (Bolkesjø et al., 2005; Bolkesjø, Trømborg, & Solberg, 2006; Sjølie et al., 2010; Trømborg et al., 2007; Trømborg & Sjølie, 2011; Trømborg & Solberg, 2010).

No NFSM, o nível inicial dos recursos florestais baseia-se em estatísticas florestais oficiais de cada um dos Países em que é considerada a produção florestal, nomeadamente na Finlândia, Suécia, Dinamarca e Noruega (Mustapha, 2016). Quanto à sua dinâmica, o NFSM segue uma metodologia idêntica ao NTM (Mustapha, 2016; Mustapha et al., 2017) com base em Bolkesjø et al. (2005) ou seja, para estimar a evolução da quantidade de madeira em pé, assume taxas de crescimento com base na variação do volume de madeira em pé obtida através de dados de inventários florestais nacionais sucessivos, com desagregação regional e por espécie (espruce-europeu, pinheiro-silvestre e não-coníferas). Adicionalmente, a taxa de crescimento é também desagregada por categoria de aproveitamento (madeira de serração e madeira de trituração) com base em dados estatísticos de exploração florestal (Mustapha, 2016). A estimativa da quantidade de madeira em pé disponível em períodos consecutivos é realizada através da aplicação de uma equação do tipo *growth-drain* (Mustapha, 2016).

No FFSM o foco da produção florestal está no território da França continental, pelo que nível inicial dos recursos florestais decorre dos resultados do Inventário Florestal Nacional de França (Caurla, et al., 2010). Neste modelo, as taxas de crescimento da quantidade de madeira em pé, baseiam-se nos acréscimos em diâmetro (por classe de diâmetro) e são calculadas a partir de dados do inventário florestal nacional, com desagregação por região (região administrativa), grupo de espécies (coníferas e folhosas) e tipo de gestão (alto-fuste, talhadia e mista) (Caurla, et al., 2010; Caurla, Garcia, & Niedzwiedz, 2015; Lecocq, Caurla, Delacote, Barkaoui, & Sauquet, 2010; Lecocq et al., 2011; Lobianco et al., 2014b; Lobianco, Delacote, et al., 2016). Estes factores de desagregação, são combinados para estratificar os dados de inventário em “células” de um modelo matricial (matriz de transição de Markov¹⁸ ou cadeia de Markov) (Lobianco, Delacote, Caurla, & Barkaoui, 2015; Lobianco, Delacote, et al., 2016) que permite a projecção do desenvolvimento dos recursos florestais.

¹⁸ Publicação de referência no âmbito florestal é Vanclay (1994).

A dinâmica de crescimento de um ano para o seguinte é obtida através da aplicação em cada célula do modelo matricial, de uma equação do tipo *growth-drain* (Caurla, et al., 2010; Caurla, Delacote, Lecocq, & Barkaoui, 2009; Caurla et al., 2013; Lecocq et al., 2011; Lenglet, Courtonne, & Caurla, 2017; Lobianco et al., 2014b; Lobianco, Delacote, et al., 2016). Esta equação inclui taxas relativas à transição entre classes de diâmetro (tempo de passagem), à mortalidade, ao acréscimo de volume médio entre classes de diâmetro, de recrutamento para a primeira classe de diâmetro (Lobianco, Caurla, et al., 2016; Lobianco, Delacote, et al., 2016), bem como ao volume explorado em cada período (Caurla, et al., 2010; Caurla et al., 2015; Lenglet et al., 2017). Estas taxas foram calibradas com dados do Inventário Florestal Nacional (Caurla, et al., 2010; Caurla et al., 2013, 2015; Lecocq et al., 2010, 2011; Lenglet et al., 2017; Lobianco, Caurla, et al., 2016; Lobianco et al., 2014b; Lobianco, Delacote, et al., 2016). A adequabilidade desta metodologia para representar a dinâmica de uma floresta heterogénea em modelos de grande escala espacial foi analisada e validada em Wernsdörfer et al. (2012).

Numa versão mais recente do FFSM (Lobianco et al., 2015), foi introduzida uma desagregação da informação de base regional para o nível do píxel (8x8 km). A informação¹⁹ foi desagregada numa base proporcional, através do cruzamento de informação de ocupação do solo (*Corine Land Cover*) e dos volumes regionais (Inventário Florestal Nacional) (Lobianco, Delacote, Caurla, & Barkaoui, 2014a; Lobianco et al., 2015). Para tal, foram assumidos como pressupostos, em cada região, uma densidade igual em cada tipo de floresta (combinação grupo de espécies-tipo de gestão) e uma distribuição uniforme das classes de diâmetro (Lobianco et al., 2014a).

Adicionalmente, foi também realizada uma desagregação das taxas de crescimento florestal de nível regional para o nível do píxel, utilizando a técnica de amostragem de simulação de Monte Carlo a partir de uma distribuição normal com a mesma variância que a informação regional dos dados do inventário florestal nacional (Lobianco et al., 2014a; Lobianco et al., 2015).

Outra forma utilizada pelos MSF para estimar a dinâmica da quantidade de madeira em pé, baseia-se no uso de Tabelas de Produção ou de modelos de crescimento empíricos, resultantes do processamento de séries de dados base de inventário. Neste grupo de modelos incluem-se o FASOM-GHG, o EUFASOM, o PNW-RM, o SF-GTM e o NorFor.

No FASOM-GHG, o nível inicial dos recursos florestais baseia-se em dados dos inventários florestais oficiais dos EUA, processados pelo modelo ATLAS e extrapolados territorialmente nos designados *RPA timber assessment*²⁰ (Adams, Alig, Callaway et al., 1996; Adams, Alig, McCarl et al., 1996; Alig, Adams, & McCarl, 2002; Alig et al., 2010; Beach et al., 2010; Beach, Zhang, & McCarl, 2012).

¹⁹ Relativa aos conjuntos de dados: *área-espécie por tipo de gestão e volumes-classe de diâmetro por área-espécie-tipo de gestão*.

²⁰ Os *RPA timber assessment* decorrem do *RPA - The Forest and Rangeland Renewable Resources Planning Act (1976)* que determina a realização de uma avaliação periódica (10 em 10 anos, com actualização intermédia) do nível dos recursos renováveis existente nos EUA dando também indicações sobre o seu futuro desenvolvimento (<https://www.fs.fed.us/research/rpa/about.php>).

O FASOM-GHG simula o desenvolvimento dos recursos florestais com base na mesma estrutura usada pelo modelo ATLAS²¹, ou seja, por região do RPA, tipo de floresta, IQE, intensidade de gestão, classe de idade e tipo de proprietário (industrial e não-industrial) (Adams, Alig, Callaway et al., 1996; Adams, Alig, McCarl et al., 1996; Beach et al., 2010; Latta et al., 2011). As estimativas de crescimento da madeira em pé, decorrem da aplicação de Tabelas de Produção diferenciadas por região, tipo de floresta, IQE e classe de intensidade de gestão (Adams, Alig, Callaway et al., 1996; Adams, Alig, McCarl et al., 1996; Alig et al., 1999; Alig, Adams, & McCarl, 1998; Alig, Adams, McCarl, Callaway, & Winnett, 1997; Alig et al., 2001; Beach et al., 2010). As Tabelas de Produção, quando aplicadas aos povoamentos pré-existentes, são ajustadas através da aplicação de coeficientes de densidade relativa em relação ao povoamento de densidade máxima (*fully stocked*) (Adams, Alig, Callaway et al., 1996; Adams, Alig, McCarl et al., 1996).

No EUFASOM, o nível inicial dos recursos florestais é estimado pelo modelo OSKAR²², com base em dados de inventário a uma escala sub-nacional, desagregados por espécies e classes de idade e abrangendo a maior parte da Europa (Schneider et al., 2008). O mesmo modelo de crescimento de base semi-empírica OSKAR, foi usado para estimar o desenvolvimento dos recursos florestais ao longo do horizonte de planeamento (Schneider et al., 2008). Esta estimativa foi espacializada para a União Europeia, com base em Unidades de Resposta Homogéneas (definidas em Balkovič et al., 2007) e desagregada por composição de espécies, tipo de proprietário, tipo de gestão, classe de idade e características do solo (Schneider et al., 2008).

Em publicações mais recentes de aplicações do EUFASOM, o nível inicial dos recursos florestais, bem como as taxas de crescimento da madeira em pé, baseiam-se em dados publicados em

²¹ O ATLAS é modelo de projecção de inventário por classes de idade com base numa estratificação por região, tipo de floresta, IQE e tipo de proprietário. A publicação de referência para o ATLAS (Aggregate Timberland Assessment System) é: Mills e Kincaid (1992), de onde se adaptou a seguinte informação: O modelo simula o crescimento ao nível do povoamento com base em Tabelas de Produção obtidas a partir de parcelas de inventário dos USDA - Forest Service - Forest Inventory and Analysis. O ATLAS ajusta as Tabelas de Produção-base a partir das densidades médias das unidades de gestão aplicando coeficientes de variação da densidade (em relação à “densidade normal”) de forma uniforme para todas as classes de intensidade de gestão existentes numa unidade de gestão. Esta técnica é aplicada em povoamentos existentes com densidades diferentes da Tabela de produção-base, bem como para projectar o crescimento após a realização de desbastes.

Unidade de gestão - entidade que representa a dinâmica de um conjunto de povoamentos semelhantes, podendo conter uma ou mais unidades de inventário (Mills & Kincaid, 1992).

²² O OSKAR estima o desenvolvimento potencial da biomassa florestal, armazenamento de carbono, produção florestal e custos florestais para diferentes opções de gestão florestal, incluindo regimes de desbaste, escolha da espécie e método de regeneração (IIASA, 2006). A modelação do crescimento dos povoamentos baseia-se em equações logísticas diferenciais semi-empíricas para a estimativa do crescimento do tronco por hectare em povoamentos não desbastados (IIASA, 2006). Para realizar as suas estimativas, o OSKAR considera também os efeitos esperados das alterações climáticas, previstas pelo modelo de ecossistema global LPJ (Sitch et al, 2003, citado em Schneider, 2008). A produtividade inicial é estimada a partir de dados de inventário por espécie e região, sendo a produtividade futura ajustada através das estimativas do LPJ. Os restantes parâmetros da equação são estimados a partir de Tabelas de Produção (IIASA, 2006). Os efeitos de alterações de densidade (p.e. por desbaste) no crescimento são estimadas com base em equação de auto-desbaste (IIASA, 2006).

MCPFE/FAO²³ (Lauri et al., 2012, 2013). Nestes casos as taxas de crescimento são aplicadas diretamente em equações do tipo *growth-drain* para representar a dinâmica da quantidade de madeira em pé entre períodos consecutivos (Lauri et al., 2012, 2013) ou seja, não recorrem para este efeito, ao uso de modelos de crescimento.

No PNW-RM o nível inicial dos recursos florestais foi obtido com base em dados de parcelas de inventário florestal mantidas pelo *USDA - Forest Service* (Adams & Latta, 2003, 2005; Adams et al., 2002; Alig et al., 2010; Im et al., 2010; Latta & Adams, 2005; Latta, et al., 2016; Schillinger et al., 2003). O PNW-RM baseia as suas estimativas de crescimento da quantidade de madeira em pé, na modelação empírica de séries de dados de inventário, através de dois modelos: o ORGANON²⁴ (Adams et al., 2002; Im et al., 2010; Schillinger et al., 2003) e o FVS - *Forest Vegetation Simulator*²⁴ (Adams & Latta, 2003, 2005, 2007; Latta & Adams, 2005; Latta, et al., 2016). As estimativas são desagregadas por classe de idade, classe de IQE, tipo de floresta, classe de intensidade da gestão e eco-região (Adams et al., 2002; Schillinger et al., 2003).

O SF-GTM assume como nível inicial dos recursos florestais finlandeses, a informação que é reportada nos anuários estatísticos florestais oficiais (Ronnala, 1995) nomeadamente os dados relativos ao Inventário Florestal Nacional da Finlândia (Kallio, 2010; Kallio, Hänninen, Vainikainen, & Luque, 2008; Kallio et al., 2013). Na única publicação encontrada em que o SF-GTM também considerou o nível dos recursos florestais fora da Finlândia (nomeadamente na região - Resto da Europa) assumiram-se as estimativas reportadas pelo *Paper European Databook -1992* (Ronnala, 1995).

Para estimar a dinâmica de desenvolvimento dos recursos florestais, as versões iniciais do SF-GTM consideraram taxas de crescimento da quantidade de madeira em pé desagregadas por grupos de espécies florestais (pinheiros, espruces e bétulas) e por categoria de uso da madeira (madeira para serração e para trituração) (Kallio et al., 2008; Kallio, 2010; Ronnala, 1995). As referidas taxas foram obtidas através de modelação com base em dados do inventário florestal nacional da Finlândia e, para o Resto da Europa com base nos dados do *Paper European Databook - 1992* (Ronnala, 1995). Estas taxas eram usadas numa equação do tipo *growth-drain* para determinar a evolução dos recursos florestais entre períodos consecutivos (Kallio, 2010; Kallio et al., 2008; Ronnala, 1995).

Em referências mais recentes, o SF-GTM passou a recorrer ao sistema MELA, um simulador de povoamentos florestais e otimizador da gestão florestal para obter uma estimativa da dinâmica dos recursos florestais (Kallio et al., 2013, 2016). A componente de simulação do MELA²⁵ baseia-se em

²³ *Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. 2007. State of Europe's Forests 2007: the MCPFE report on sustainable forest management in Europe, Jointly prepared by the MCPFE Liaison Unit Warsaw, UNECE and FAO. Disponível em:*

https://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/State_of_europes_forests_2007.pdf

²⁴ ORGANON (Hann et al, 1997) e FVS - *Forest Vegetation Simulator* (Dixon, 2003) são modelos de crescimento ao nível da árvore e independente da distância (Weiskittel et al., 2011). Optou-se por indicar as referências dos modelos que foram encontradas nas publicações sobre o PNW-RM.

²⁵ No MELA as simulações do crescimento baseiam-se em modelação, ao nível da árvore e independente da distância, do crescimento da área basal e da altura para pinheiro-silvestre, espruce-

modelos de processos naturais (recrutamento, crescimento e mortalidade) ao nível da árvore (Kallio et al., 2013) e considera a influência da gestão florestal no desenvolvimento dos recursos florestais (ver ponto 4.8), sendo simulado um elevado número (não especificado) de alternativas de gestão florestal (Kallio et al., 2013). É também referido que o MELA pode considerar os efeitos da temperatura média anual e do CO₂ atmosférico no crescimento²⁶ (Kallio et al., 2013). Relembre-se no entanto que (como referido em 4.8) as simulações do desenvolvimento dos recursos florestais para as várias opções de gestão florestal, não são usadas no processo de optimização global. A optimização da gestão florestal ocorre no próprio MELA, sendo condicionada pela procura definida nas restantes componentes do SF-GTM.

No NorFor, sendo o foco da produção florestal a Noruega, o nível inicial dos recursos florestais é baseado no inventário florestal nacional da Noruega (Sjølie, 2011; Sjølie et al., 2013c, 2015; Trømborg & Sjølie, 2011).

Quanto à dinâmica do crescimento florestal o NorFor recorre ao simulador do modelo Gaya²⁷ para estimar o crescimento florestal ao nível do povoamento e considerando várias opções de gestão florestal (Sjølie, 2011; Sjølie, Latta, Adams, & Solberg, 2011; Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2013c, 2013a, 2015; Trømborg & Sjølie, 2011). A modelação do crescimento no modelo Gaya é realizada com base em séries de dados do inventário florestal nacional (Sjølie, Latta, Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2015; Trømborg & Sjølie, 2011). O simulador do modelo Gaya gera Tabelas de Produção para várias combinações de gestão florestal, espécie (Pinheiro-silvestre (*Pinus sylvestris*), Espruce-europeu (*Picea abies*) e Bétula (*Betula pubescens* e *Betula pendula*) (Sjølie, 2011; Sjølie et al., 2013c; Trømborg & Sjølie, 2011), IQE e método de rearboreização (Sjølie, Latta, Adams, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2013c). As Tabelas de Produção são depois importadas para o NorFor e incluídas no processo de optimização global (Sjølie, 2011; Sjølie, Latta,

europeu e bétulas. O recrutamento e crescimento juvenil (até 1,3m) é estimado em modelos de regeneração e a mortalidade é estimada com base num modelo de sobrevivência à árvore e em modelos de auto-desbaste ao nível do povoamento. A partir da informação ao nível da árvore são aplicados modelos estáticos para actualizar a informação ao nível do povoamento, agregando os volumes por categorias de uso (Hynynen et al., 2002). A modelação baseou-se em dados biométricos recolhidos num sub-conjunto de parcelas de inventário florestal nacional (INKA e TINKA e SINKA) sendo depois calibrado usando dados representativos do NFI (Nuutinen & Kellomäki, 2001; Hynynen et al. 2002). A versão do MELA usada em Kallio (2016) está documentada em Redsvén et al. (2013).

²⁶ A incorporação destes efeitos no crescimento, baseia-se na utilização de funções de transferência, espécie a espécie, dos resultados de um modelo de crescimento processual, o FinnFor (Matala, Ojansuu, Peltola, Sievänen, & Kellomäki, 2005; Nuutinen et al., 2006).

²⁷ O modelo Gaya é um simulador e optimizador da gestão florestal, no entanto o NorFor utiliza-o apenas na sua componente de simulação. As publicações de referência inicial ao Gaya são Hoen e Eid (1990) e Hoen (1990), sendo as referências mais actuais encontradas da sua aplicação as de: Raymer et al. (2009), Bergsen et al. (2012, 2013). Em Bergsen et al. (2013) é referido que a modelação do crescimento no Gaya tem como entidades básicas, o diâmetro médio da área basal, altura média ponderada pela área basal e número de árvores por hectare, sendo as projecções realizadas com base em modelos de crescimento em diâmetro, modelos de desenvolvimento em altura e modelos de mortalidade. O Gaya estima o desenvolvimento de cada povoamento em intervalos de 5 ou 10 anos. Raymer et al. (2009) faz uma ressalva sobre o comportamento do modelo dado que os dados usados para a modelação dizem respeito a povoamentos relativamente jovens quando em comparação com as idades mais elevadas que os povoamentos podem atingir, quando por exemplo se pretende promover o armazenamento de carbono.

Gobakken, & Solberg, 2011; Sjølie et al., 2013a, 2013c, 2016; Trømborg & Sjølie, 2011). Refira-se, no entanto, que as funções de crescimento do simulador Gaya são empíricas e não consideram os potenciais efeitos das alterações climáticas sobre a produtividade florestal (Raymer et al., 2009).

4.11. Incorporação do risco de incêndio

Os MSF não consideram o impacto do risco na gestão florestal (Lobianco, Delacote, et al., 2016). Esta afirmação refere-se, no entanto, ao risco associado à ocorrência de eventos estocásticos com elevada variabilidade espacial, como são as catástrofes naturais (incêndios e tempestades) e a ocorrência de pragas e doenças. As restantes componentes do risco do investimento florestal já são contabilizadas através da escolha da taxa de actualização adequada, nos MSF que a consideram.

Refira-se, no entanto, uma aproximação à incorporação do risco realizada pelo FFSM que considera a influência de um acréscimo de mortalidade das resinosas (Lobianco, Delacote, et al., 2016) e um correspondente nível de aversão ao risco por parte de produtores individuais. No entanto o FFSM limita-se a analisar cenários de acréscimo de mortalidade conjugados com o coeficiente de aversão ao risco. Este coeficiente vai actuar diminuindo o valor esperado do investimento florestal influenciando assim a escolha do tipo de floresta por parte dos produtores (Lobianco, Delacote, et al., 2016). Não se trata, portanto, de uma endogeneização do risco no FFSM e também não foram encontradas tentativas de o fazer nos restantes modelos.

5. DISCUSSÃO

A ideia que esteve na base da realização desta Dissertação foi a da procura de um modelo numérico que permitisse representar o funcionamento integrado da cadeia de produção florestal. Pretendia-se que este modelo tivesse a capacidade para otimizar os fluxos ao longo da cadeia de produção e que permitisse, considerando o contexto internacional do sector, estimar os efeitos de variáveis exógenas, de forma a apoiar as decisões de planeamento estratégico florestal em Portugal.

Numa pesquisa inicial verificou-se que já existiam modelos cujo conceito poderia ir ao encontro desta ideia, pelo que se estabeleceu como objectivo perceber quais as suas tipologias e de que forma é que estas se relacionariam com o sector florestal português. No entanto, a subsequente pesquisa sistemática de informação na *WebOfScience* foi em alguns casos insuficiente para conseguir uma caracterização dos MSF encontrados. Esta situação verificou-se em especial no caso do EUFASOM, do CGTM e do FFSM onde foi necessário recorrer às referências realizadas em algumas das publicações iniciais para obter mais informação sobre estes modelos. No caso do CGTM a informação de base é muito escassa e no formato de documentos de trabalho (*Working papers*). No caso do EUFASOM existindo mais publicações científicas, teve também de se recorrer a documentos de trabalho para obter informação sobre a estrutura do modelo. No caso do FFSM, apesar de existir uma quantidade já apreciável de publicações científicas, muita da informação relevante teve também origem em documentos de trabalho. Refira-se ainda que na pesquisa inicial surgiu apenas uma publicação focada no PNW-RM.

De uma forma geral, as publicações encontradas abordam um assunto específico de cada modelo ou da sua aplicação, o que dificultou a obtenção de informação completa e mesmo a própria compreensão do funcionamento dos modelos. Refira-se ainda que nas publicações consultadas não existe uma uniformização dos termos usados, o que também dificultou a compreensão dos temas em análise. Para além disso algumas publicações adicionais estão redigidas em Sueco e Norueguês, o que tornou em alguns casos impossível a análise mais detalhada de alguns temas. Foram neste processo também consultados vários relatórios de Universidades, Serviços Florestais (principalmente USDA) e de projectos científicos.

Como resultado deste processo, a pesquisa de literatura realizada e a consequente sistematização da informação sobre os modelos e sua tipificação, é mais aprofundada e abrangente do que a realizada nas publicações de revisão de literatura encontradas na pesquisa inicial. De facto, neste estudo, foram agrupadas e analisadas conjuntamente, um maior número de dimensões de tipificação dos modelos bem como um maior número de modelos do que nas referidas publicações. A comparação mais relevante é com o artigo científico de revisão de Latta et al. (2013) que foi o mais recente e completo encontrado. Em relação a este, o presente estudo acrescenta apenas mais um modelo em funcionamento e que foi desde então publicado, o NFSM (Mustapha, 2016). Quanto às dimensões, este estudo acrescenta a incorporação do risco de incêndio como dimensão essencial dada a sua prevalência no território continental português. Refira-se, no entanto, que a presente

dissertação analisa as dimensões de uma forma sistemática para todos os modelos (ver ponto 4 e Anexo 4) o que não foi o caso em Latta et al. (2013) que se referiu a algumas dimensões e para alguns modelos. Adicionalmente, nesta dissertação foram compiladas, classificadas e sistematizadas um número significativo de referências sobre os modelos, incluindo não só os respeitantes à informação de base, mas também sobre as suas aplicações (ver Anexo 4), o que o distingue também de Latta et al. (2013) e outras publicações de revisão, que normalmente fazem apenas uma ou duas referências por modelo.

Apesar de não se terem analisado em detalhe todas as dimensões consideradas, o presente estudo apresenta possivelmente, num só documento, uma maior conjugação de dimensões e modelos em análise do que até ao momento terá sido publicado. A sistematização da informação de base realizada nesta dissertação, permitiu a análise crítica dos modelos em relação à estrutura do sector florestal português indo ao encontro do seu objectivo principal.

Das dimensões analisadas, existem duas que podem ser consideradas como as de carácter mais estrutural, nomeadamente os níveis de mercado e a diversidade de produtos. Deste ponto de vista a cadeia de produção florestal em Portugal pode ser caracterizada como sendo multi-nível e multi-produto (ver ponto 2.4). Se analisarmos as três principais fileiras florestais em Portugal, verificamos que apesar de existir uma forte integração vertical, da componente industrial da fileira do Eucalipto, esta não é completa pois continuam-se a comercializar produtos intermédios e também porque para o abastecimento de matéria-prima recorre-se a outros agentes de mercado nacionais e mesmo internacionais. A fileira do pinheiro-bravo apresenta uma diversidade de produtos considerável (ver ponto 2.4.2) e uma muito menor integração vertical ou seja, existem mais etapas da cadeia de produção e mais tipologias de agentes de mercado. Na fileira da cortiça apesar de um só produto, a rolha, dominar o volume de negócios existem de facto outros produtos com um peso não desprezível. Nesta fileira têm-se verificado nas últimas décadas uma tendência para uma maior integração vertical da indústria (Autoridade da Concorrência, 2012), mas tal como na fileira do eucalipto, são ainda comercializados produtos intermédios e a produção de matéria-prima está dependente de outros agentes de mercado nacionais e internacionais (neste caso essencialmente do mercado espanhol).

Dos modelos analisados apenas o PNW-RM apresenta limitações quanto a estas dimensões. Este modelo abrange apenas um nível de mercado e essencialmente apenas um produto, os toros de pseudotsuga. Os restantes modelos são diversificados quanto a quantidade de níveis de mercado e de produtos e todos eles consideram a etapa da transformação industrial e a procura por produtos transformados. Deste ponto de vista não existem diferenças significativas entre os modelos, dependendo a sua complexidade essencialmente da realidade que se propuseram modelar e da informação de base disponível.

Considerando o contexto do sector florestal português, outro dos aspectos essenciais a analisar é a dimensão espacial e âmbito geográfico. De facto a cadeia de produção florestal em Portugal tem um carácter fortemente exportador (ver ponto 2.4), pelo que a forma como os MSF tratam a desagregação geográfica dos mercados internacionais e os correspondentes custos de transporte tem uma relevância significativa. Os mercados de exportação portugueses estão dispersos

essencialmente pela Europa e EUA, dependendo das fileiras, e incluindo em alguns casos outras regiões também importantes como a Ásia (no caso da pasta para papel) e África (no caso do mobiliário). No entanto, nestas dimensões, considerar apenas os mercados actuais é ainda uma limitação significativa pois não permite ao modelo considerar a abertura de novos mercados em resposta a alterações de preços, de custos ou de ambos (Adams & Haynes, 1999). Deste ponto de vista apenas o GFPM, o CGTM e o EFI-GTM apresentam uma abrangência e desagregação geográfica adequadas à representação da actual e potencial exposição internacional do sector florestal português. Todos os restantes modelos têm um foco geográfico muito específico e na maior parte dos casos agregam os mercados internacionais na região Resto do Mundo. Refira-se que o EFI-GTM, também inclui uma região Resto do Mundo, mas paralelamente considera uma desagregação em 32 mercados Europeus.

No conjunto destas três dimensões a combinação de atributos que melhor se aproxima das características do sector florestal português, resulta num modelo multi-nível de mercado, multi-produto, espacial e de âmbito geográfico alargado com desagregação internacional. Como referência identificam-se os MSF que cumprem estes critérios:

- GFPM
- CGTM
- EFI-GTM

Das restantes dimensões existem três que se relacionam entre si e com o objectivo principal, o planeamento estratégico, e que são: o horizonte temporal, a capacidade de previsão das condições de mercado e a escala temporal da optimização. Na combinação destas dimensões os modelos analisados dividem-se em dois grupos:

- os de longo prazo, intertemporais e com períodos de cinco anos; e
- os de curto e médio-prazo, dinâmicos recursivos e com períodos de um ano.

Quando se fala em planeamento estratégico, faz-se uma associação com uma visão de longo prazo, cuja magnitude varia consoante a natureza do negócio. No caso florestal, o planeamento estratégico estende-se por décadas estando associado do ponto de vista financeiro ao longo período de retorno dos investimentos florestais, mas também a objectivos associados à estabilidade dos ecossistemas florestais. Deste ponto de vista, e dado que as três principais espécies florestais têm rotações muito diferentes, será prudente escolher um modelo que considere um horizonte temporal de longo-prazo, num mínimo de cerca de cinquenta anos e em termos realistas menor que cem anos, dadas as incertezas de longo prazo relacionadas com os próprios modelos e com as variáveis exógenas. Desta forma para os novos povoamentos abrange-se no mínimo três ciclos de um eucaliptal e algumas rotações completas de pinheiro-bravo, sendo no limite máximo adicionalmente abrangidas as rotações mais longas de pinheiro-bravo e atingido o estado maduro de um montado. No entanto os modelos de longo-prazo ao basearem-se em períodos de cinco anos apresentam algumas limitações quanto a capacidade de reflectirem a variação temporal associada à gestão florestal de ciclos curtos (Nabuurs et al., 2002; Schelhaas et al., 2007) como é o dos actuais modelos de gestão dos

eucaliptais em Portugal. A duração dos ciclos de corte dos eucaliptais varia habitualmente entre os dez e os doze anos, mas pode eventualmente estender-se dos nove aos treze anos, pelo que contabilizá-los em períodos de cinco anos é uma fonte de importantes imprecisões. De forma análoga também no caso da gestão florestal de ciclo longo como no montado, tendo habitualmente períodos entre tiragens de cortiça de nove anos, as imprecisões tornar-se-iam evidentes ao considerar períodos de contabilização de cinco anos.

Em alternativa, escolher um modelo dinâmico recursivo com períodos anuais é também limitante pois ao não considerarem informação sobre as condições futuras dos mercados, baseiam as suas decisões apenas em informação histórica, ou seja, assumem que o sector vai continuar a comportar-se como no passado, e principalmente que a dinâmica da estrutura e composição dos povoamentos se baseia na sua evolução histórica. De acordo com Latta et al. (2013) os modelos dinâmicos recursivos são mais adequados para previsões de curto-prazo. Ou seja, os modelos dinâmicos recursivos não incorporam a influência da gestão florestal e o correspondente valor da floresta, não tendo a capacidade de decidir sobre qual o melhor uso florestal baseado no valor actual líquido. Existe apenas uma tentativa de um dos modelos dinâmicos recursivos em usar um indicador financeiro como factor de decisão do uso florestal, nomeadamente o FFSM através do rendimento anual equivalente, mas ainda assim sem considerar endogenamente as condições futuras do mercado (ver ponto 4.8).

Não foi, no entanto, encontrada referência a qualquer impedimento conceptual para efectuar outras combinações destas dimensões, e nomeadamente da mais interessante para Portugal um modelo intertemporal com períodos anuais. Tratar-se-á de fazer uma escolha entre a dimensão do problema matemático e a eventual elevada ou inexistente capacidade computacional necessária para a sua execução. O que se sabe, é que é possível otimizar uma cadeia de produção integrada, de forma intertemporal por 100 anos com períodos de 5 anos, como é o caso do NorFor e de forma dinâmica recursiva por 50 anos com períodos de um ano como é o caso do GFPM e do CGTM.

Para além do horizonte temporal e duração dos períodos de optimização, a diversidade de espécies florestais, de modelos de gestão florestal, de níveis de mercado, de produtos, a capacidade espacial e a dimensão e desagregação do âmbito geográfico contribuem para o aumento da quantidade de variáveis, podendo determinar a escolha do tipo de modelo de forma a garantir a sua exequibilidade computacional.

As dimensões mais directamente relacionadas com a componente de produção florestal dos MSF, são a dinâmica do crescimento florestal e a gestão florestal. Tendo como objectivo apoiar a decisão de planeamento estratégico florestal, considerar as potencialidades de crescimento florestal da forma mais ajustada à realidade, é um pressuposto fundamental. Esse crescimento florestal, do ponto de vista biológico, depende das condições geofísicas e características genéticas de cada espécie. No entanto, a gestão florestal pode exercer uma influência significativa na dinâmica de desenvolvimento dos recursos florestais, direccionando o potencial de crescimento biológico para a produção de bens e serviços úteis à sociedade.

Em Portugal, a actividade económica do sector florestal, baseia-se em floresta plantada e potencialmente gerida. Sendo habitualmente reconhecido que existe uma proporção significativa da floresta que não está a ser gerida de forma adequada ou que está mesmo ao abandono, o ponto fundamental é que não se trata em Portugal da exploração de floresta natural, numa lógica extractivista e sem gestão florestal como por exemplo na lógica das concessões de exploração florestal. Nestas circunstâncias, seria redutor não considerar os efeitos da gestão florestal no desenvolvimento dos recursos florestais em Portugal.

Como referido anteriormente, quer a gestão florestal quer o crescimento florestal são abordados de forma diferenciada pelos MSF (ver respectivamente pontos 4.8 e 4.10). No entanto e de acordo com (Kallio et al., 2013), de forma a garantir a maior consistência possível das projecções, é melhor considerar num único modelo as decisões sobre a gestão florestal e sobre a oferta e procura de biomassa, ou seja, considerar a influência da gestão florestal de forma endógena.

Da análise realizada, verifica-se que existem apenas quatro modelos que explicitam estas duas dimensões de forma endógena, integrada e em simultâneo, o FASOM-GHG, o EUFASOM (na versão com modelo OSKAR), o PNW-RM e o NorFor.

O FASOM-GHG e o PNW-RM apesar de recorrerem a diferentes metodologias para estimar o crescimento (respectivamente Tabelas de Produção e modelação empírica), são muito semelhantes em termos da especificação das possibilidades de gestão florestal. Estas baseiam-se na definição de classes de intensidade de gestão com base nas actuais práticas de gestão. No entanto esta é uma forma mais rígida do que a usada no EUFASOM e NorFor, que se diferenciam por aplicarem os desbastes na dependência do cumprimento de condições específicas dos povoamentos. No EUFASOM através da modelação do auto-desbaste e no NorFor através de uma combinação de espécie, idade, densidade e IQE definindo adicionalmente em alguns casos as condições dos povoamentos após intervenção (ver ponto 4.8).

Esta forma mais flexível de abordar a gestão florestal permite uma melhor representação da heterogeneidade florestal, o que será mais adequado à realidade da floresta portuguesa, dada a variabilidade das condições geofísicas onde esta se desenvolve.

A consideração endógena destas duas dimensões, permite a um MSF também de forma endógena calcular do valor actual líquido de cada opção de gestão e com base neste, decidir sobre o uso do solo florestal. No entanto, a precisão deste valor depende (para além das informações de mercado de custos e preços) da especificidade das opções de gestão florestal e dos modelos de crescimento. Neste âmbito o EUFASOM e o NorFor são mais precisos, por apresentarem uma maior desagregação por espécie na modelação do crescimento e, operações florestais flexíveis. No entanto, o NorFor destaca-se pela maior especificação dos custos dos desbaste e cortes finais, realizada na dependência das características dos povoamentos (ver ponto 4.8). Refira-se ainda que o FFSM também baseia a decisão sobre o uso florestal num indicador financeiro, no caso o rendimento anual equivalente, mas os valores usados para o seu cálculo são exógenos e a única decisão de gestão possível é a escolha entre resinosas e folhosas a quando da rearborização (ver ponto 4.8).

É, no entanto, de relembrar, que apesar destes modelos permitirem, com base numa maior ou menor descrição da gestão florestal, calcular o VAL, sendo intertemporais efectuem os cálculos considerando períodos de 5 anos. Este facto limita não só a precisão da calendarização das operações, mas também consequentemente a precisão do cálculo financeiro associado. No entanto, em termos conceptuais, os intertemporais aproximam-se mais da teoria da rotação óptima de *Faustmann-Pressler-Ohlin* do que os modelos recursivos que baseiam as suas decisões do nível de oferta de madeira em relações econométricas (Lobianco, Delacote, et al., 2016; Sjølie et al., 2015). Ou seja, os intertemporais ajustam o crescimento florestal através da gestão florestal considerando as actuais e futuras condições do mercado e, portanto, consideram também os custos de oportunidade a quando da decisão de corte em qualquer dos períodos (Sjølie et al., 2015).

Neste âmbito refira-se ainda que só o FASOM-GHG e EUFASOM consideram a ligação ao sector agrícola permitindo a transferência de uso do solo entre o uso florestal e agrícola com base na sua rentabilidade relativa. Esta seria uma vantagem adicional da utilização de um MSF permitindo por exemplo estimar os efeitos de políticas de promoção da arborização de terras agrícolas, como já aconteceu no passado em Portugal através do Reg. (CEE) 2080/92.

Finalmente, considerar a incorporação do risco de incêndio num MSF para Portugal, parece ser uma opção estrategicamente óbvia, dado o impacto que a sua ocorrência exerce sobre a disponibilidade de matéria-prima lenhosa e sobre os preços de mercado. No entanto, nenhum MSF conseguiu até ao momento incorporar este tipo de risco estocástico de forma endógena. Actualmente, é apenas possível adaptar a metodologia seguida pelo FFSM, no caso do acréscimo de mortalidade das resinosas, para estimar os impactos da ocorrência de incêndios, ao longo da cadeia de produção florestal. Destaque-se, no entanto, que se trata apenas de uma análise de cenários e não de uma optimização da cadeia de produção considerando o risco de incêndio.

*
* *

Esta análise crítica dos MSF, permite afirmar que um MSF só poderá dar indicações quanto ao planeamento estratégico florestal de forma integrada com o restante sector se, baseando-se em modelos de crescimento florestal que incluam os efeitos das alternativas de gestão florestal, escolher de forma endógena o tipo de uso florestal. Considerando também as restantes dimensões na sua relação com as características do sector florestal português, um MSF adequado para Portugal seria:

um modelo de mercado de equilíbrio parcial, de longo-prazo, intertemporal com períodos de um ano, espacial, de âmbito geográfico internacional e desagregado, multi-nível de mercado, multi-produto, com crescimento florestal dependente da gestão realizada e decisão endógena do tipo de uso florestal.

Um modelo com esta descrição ainda não existe, podendo neste momento ser identificadas pelo menos uma relação ainda não implementada, nomeadamente a de modelos intertemporais com períodos de um ano, e uma relação apenas parcialmente implementada pelo EUFASOM e NorFor, ou seja, um modelo intertemporal com decisão endógena do tipo de uso florestal, sendo adicionalmente espacial.

De facto, o EUFASOM define uma região Resto do Mundo, mas pode-se considerar como espacial para os restantes 32 Países Europeus para os quais explicita os custos de transporte. O NorFor é espacial apenas para um mercado internacional distinto, a Suécia e para as sub-regiões Norueguesas.

A aproximação ao MSF ideal para Portugal poderia então ser realizada por duas vias:

- um modelo intertemporal, espacial com períodos de 5 anos (à semelhança do EUFASOM); ou
- um modelo intertemporal, não espacial com períodos de um ano (o que seria uma inovação).

Na prática trata-se de uma escolha entre dar maior importância à representação dinâmica do comércio internacional ou à precisão do crescimento e gestão florestais, mantendo o modelo numa dimensão que garanta a sua exequibilidade computacional. Sendo que esta decisão caberá ao modelador tendo em conta os seus objectivos com a utilização de um MSF. Neste âmbito seria relevante com base numa potencial estrutura de MSF, tentar estimar *a priori* qual a capacidade computacional necessária para o executar.

Naturalmente, para além das dificuldades de desenvolvimento do próprio modelo, poderão existir também constrangimentos ao nível da informação de base necessária para o seu funcionamento. No entanto, em Portugal e para a componente florestal do modelo já existe muita informação que pode servir de base. Existem nomeadamente, dados de Inventário Florestal Nacional, modelos de crescimento para as principais espécies florestais e respectivos modelos de gestão. Do ponto de vista económico existem também algumas relações econométricas já desenvolvidas em Louro (2011) que sendo alargadas e actualizadas, poderão contribuir para modelar as relações de mercado entre os agentes do sector. Para completar a informação de base, seria também necessário obter dados sobre a componente de transformação industrial, nomeadamente, dados de consumo de matérias-primas (quantidades e preços) e correspondentes níveis de produção.

Todas estas informações de base incluem algum nível de incerteza, pelo que a sua incorporação no MSF deve ser realizada de forma a que esta possa ser facilmente actualizada, melhorando a precisão do MSF à medida que a nova informação vai estando disponível.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As vantagens competitivas que decorrem do uso de um MSF de características ajustadas ao sector florestal português serão certamente significativas, principalmente em termos do seu posicionamento internacional.

Dada a inexistência de um MSF que corresponda às necessidades de modelação do sector florestal português, é proposto um modelo conceptual, cujos detalhes de cada componente e a dinâmica entre elas deverão ser objecto de estudos específicos, considerando a informação de base disponível e as técnicas necessárias para colmatar eventuais lacunas.

A recomendação do presente estudo é a de avaliar a possibilidade de desenvolvimento de um MSF intertemporal espacial com períodos de dois anos, ou seja, de um EUFASOM com períodos mais curtos. Nesta forma temporal haverá um ganho potencial na precisão do crescimento e gestão florestais, em relação aos períodos de cinco anos, podendo eventualmente permitir algum tratamento espacial dos mercados internacionais mais relevantes dentro de limites da exequibilidade computacional. No caso de esta hipótese não ter condições de exequibilidade, a segunda opção seria pelo modelo intertemporal não-espacial com períodos de um ano, ou seja, semelhante ao NorFor mas com períodos anuais. Esta escolha baseia-se essencialmente nos benefícios que este tipo de modelo traria em termos do potencial de avaliação dos efeitos de políticas nacionais ao longo da cadeia de produção. Na prática significaria que em termos de planeamento estratégico florestal, trataríamos os mercados internacionais sob a forma de cenários, mas mantendo a possibilidade de reflectir os efeitos da sua variação de forma quantificada e otimizada ao longo da cadeia. Esta possibilidade é válida também para estimar os efeitos da atribuição de subsídios florestais, da criação de taxas e impostos sectoriais, de restrições à exportação ou de estratégias de regulação de mercado na sequência de eventos catastróficos como os grandes incêndios florestais.

No desenvolvimento de um MSF para Portugal, são ainda de considerar alguns aspectos que podem constituir melhorias aos actuais MSF, nomeadamente o uso de modelos processuais de crescimento à espécie, a incorporação do risco de incêndio e a consideração de outros serviços de ecossistema (alguns MSF já contabilizam as emissões e o sequestro de carbono) como a proteção do solo e regulação do ciclo hídrico e a biodiversidade.

Em qualquer caso, desenvolver um MSF para o sector florestal português permitirá, de uma forma quantificada, otimizada, replicável e flexível, apoiar as decisões de planeamento estratégico florestal considerando os expectáveis desafios decorrentes de um sector florestal dinâmico e globalizado, num contexto de alterações climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, D. M., Alig, R. J., Callaway, J. M., McCarl, B. A., & Winnett, S. M. (1996a). The Forest and Agricultural Sector Optimization Model (FASOM): Model Structure and Policy Applications (Research Paper, PNW-RP-495). Portland, Oregon, EUA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Adams, D. M., Alig, R. J., McCarl, B. A., Callaway, J. M., & Winnett, M. (1996b). An Analysis of the Impacts of Public Timber Harvest Policies on Private Forest Management in the United States. *Forest Science*, 42(3), 343–358. <https://doi.org/10.1093/forestscience/42.3.343>
- Adams, D. M. & Haynes, R. (1999). Forest sector modelling - Current state and promise for the future. Em: Yoshimoto, A., Yukutake, K. (Eds.). *Global concerns for forest resource utilization - Sustainable use and management*. Forestry sciences, Vol. 62 (pp. 151-168). Holanda: Springer.
- Adams, D. M., & Latta, G. S. (2003). Private timber harvest potential in eastern Oregon. (Research Contribution 42). Corvallis, OR, EUA: Oregon State University - Forest Research Laboratory.
- Adams, D. M., & Latta, G. S. (2005). Costs and regional impacts of restoration thinning programs on the national forests in eastern Oregon. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(6), 1319–1330. <https://doi.org/10.1139/x05-065>
- Adams, D. M., & Latta, G. S. (2007). Timber trends on private lands in western Oregon and Washington: a new look. *Western Journal of Applied Forestry*, 22(1), 8–14. <https://doi.org/10.1093/wjaf/22.1.8>
- Adams, D. M., Schillinger, R. R., Latta, G. S., & Van Nalts, A. K. (2002). Timber Harvest Projections for Private Land in Western Oregon (Research Contribution, 37). Corvallis, OR, EUA: Oregon State University - Forest Research Laboratory.
- AIFF (2013). Estudo prospetivo para o sector florestal – Relatório final. Porto.
- AIFF (2014). Relatório de caracterização da fileira florestal. Porto.
- AIMMP (2007). Estudo estratégico das indústrias de madeira e mobiliário. Porto.
- AIMMP (2010). Estratégias para a reestruturação e modernização da indústria da serração de madeira em Portugal. Porto.
- AIMMP (2012). Estrutura e caracterização das importações de mobiliário: Estudo de diagnóstico e plano estratégico de adequação da oferta. Porto.
- Alig, R. J., Adams, D. M., Chmelik, J. T., & Bettinger, P. (1999). Private forest investment and long-run sustainable harvest volumes. *New Forests*, 17(1-3), 307–327. <https://doi.org/10.1023/A:1006559320038>
- Alig, R. J., Adams, D. M., & McCarl, B. A. (1998). Impacts of Incorporating Land Exchanges Between Forestry and Agriculture in Sector Models. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 30(2), 389–401. <https://doi.org/10.1017/s1074070800008373>
- Alig, R. J., Adams, D. M., & McCarl, B. A. (2002). Projecting impacts of global climate change on the US forest and agriculture sectors and carbon budgets. *Forest Ecology and Management*, 169(1–2), 3–14. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00290-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00290-6)
- Alig, R. J., Adams, D. M., McCarl, B. A., Callaway, J. M., & Winnett, S. M. (1997). Assessing effects of mitigation strategies for global climate change with an intertemporal model of the U.S. forest and agriculture sectors. *Environmental and Resource Economics*, 9(3), 259–274. <https://doi.org/10.1007/BF02441399>
- Alig, R. J., Adams, D. M., Mills, J., Haynes, R. W., Ince, P., & Moulton, R. (2001). Alternative

- projections of the impacts of private investment on southern forests: A comparison of two large-scale forest sector models of the United States. *Silva Fennica*, 35(3), 265–276. <https://doi.org/10.14214/sf.584>
- Alig, R. J., Latta, G. S., Adams, D. M., & McCarl, B. A. (2010). Mitigating greenhouse gases: The importance of land base interactions between forests, agriculture, and residential development in the face of changes in bioenergy and carbon prices. *Forest Policy and Economics*, 12(1), 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.09.012>
- Amorim (2018). Áreas de Actividade - Floresta. Página de internet do Grupo Américo Amorim, consultada a 11.09.2018 em: <http://www.grupoamericoamorim.com/areas-de-actividade/Floresta/22/>.
- APCOR (2015). Cortiça - Estudo de caracterização setorial - Estatísticas e prospetiva. Santa Maria de Lamas.
- APCOR (2017). Anuário da APCOR 2017/2018. Santa Maria de Lamas.
- Armington, P. S. (1969). A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund, Staff Papers*, 16(1), 159–178.
- Autoridade da Concorrência (2012). Análise do sector e da fileira da cortiça em Portugal - Relatório final. Autoridade da Concorrência, Gabinete de Estudos Económicos e Acompanhamento de Mercados. Lisboa.
- Balkovič, J., Schmid, E., Moltchanova, E., Skalský, R., Poltárska, K., Müller, B., Bujnovský, R. (2007). "Data processing." Em: Stolbovoy, V., Montanarella, L., & Panagos, P. (Eds.), *Carbon Sink Enhancement in Soils of Europe: Data, Modeling, Verification* (pp.74-139) (JRC Scientific and Technical Reports 41767). Luxemburgo: European Commission, Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability.
- Baptista, F. O. e Santos, R. T. (2005). Os proprietários Florestais. Oeiras: Celta Editora.
- Beach, R. H., Adams, D. M., Alig, R. J., Baker, J., Latta, G. S., McCarl, B. A., ... White, E. (2010). Model Documentation for the Forest and Agricultural Sector Optimization Model with Greenhouse Gases (FASOMGHG) (Draft Report). Research Triangle Park, NC: RTI International.
- Beach, R. H., Zhang, Y. W., & McCarl, B. A. (2012). Modeling Bioenergy, Land Use, and GHG Emissions With Fasomghg: Model Overview and Analysis of Storage Cost Implications. *Climate Change Economics*, 03(03), 1250012. <https://doi.org/10.1142/s2010007812500121>
- Bergseng, E., Ask, J. A., Framstad, E., Gobakken, T., Solberg, B., & Hoen, H. F. (2012). Biodiversity protection and economics in long term boreal forest management - A detailed case for the valuation of protection measures. *Forest Policy and Economics*, 15, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.11.002>
- Bergseng, E., Eid, T., Løken, Ø., & Astrup, R. (2013). Harvest residue potential in Norway-A bio-economic model appraisal. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28(5), 470–480. <https://doi.org/10.1080/02827581.2013.766259>
- Bolkesjø, T. F. (2005). Projecting pulpwood prices under different assumptions on future capacities in the pulp and paper industry. *Silva Fennica*, 39(1), 103–116. <https://doi.org/10.14214/sf.399>
- Bolkesjø, T. F., Trømborg, E., & Solberg, B. (2005). Increasing forest conservation in Norway: Consequences for timber and forest products markets. *Environmental and Resource Economics*, 31(1), 95–115. <https://doi.org/10.1007/s10640-004-8248-0>
- Bolkesjø, T. F., Trømborg, E., & Solberg, B. (2006). Bioenergy from the forest sector: Economic potential and interactions with timber and forest products markets in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21(2), 175–185. <https://doi.org/10.1080/02827580600591216>

- Borges, J. G. (1997). Analysis of the markets for roundwood and forest industry products in Portugal. Em: B. Solberg and A. Moiseyev (Eds.) Demand and Supply Analysis of Roundwood and Forest Products Markets in Europe (Proceedings no. 17) (pp. 309-328). Joensuu, Finlândia: European Forest Institute
- BPI, AGRO.GES e Jaakko Pöyry (1996). Propostas para o desenvolvimento sustentável da floresta portuguesa. Lisboa.
- Buongiorno, J. (2014). Global modelling to predict timber production and prices: The GFPM approach. *Forestry*, 88(3), 291–303. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu047>
- Buongiorno, J., Raunihar, R., & Zhu, S. (2011). Consequences of increasing bioenergy demand on wood and forests: An application of the Global Forest Products Model. *Journal of Forest Economics*, 17(2), 214–229. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2011.02.008>
- Buongiorno, J., & Zhu, S. (2017). Potential effects of a Trans-Pacific Partnership on forest industries. *Forest Policy and Economics*, 81, 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.08.001>
- Buongiorno, J., Zhu, S., Zhang, D., Turner, J. A., & Tomberlin, D. (2003). *The Global Forest Products Model - Structure, Estimation and Applications*. San Diego, CA: Academic Press.
- Caurla, S., Delacote, P., Lecocq, F., & Barkaoui, A. (2009). Fuelwood consumption, restrictions about resource availability and public policies: impacts on the French forest sector (Document de travail N° 2009-03). Nancy, França: LEF - AgroParisTech/INRA.
- Caurla, S., Delacote, P., Lecocq, F., & Barkaoui, A. (2013). Stimulating fuelwood consumption through public policies: An assessment of economic and resource impacts based on the French Forest Sector Model. *Energy Policy*, 63, 338–347. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.111>
- Caurla, S., Garcia, S., & Niedzwiedz, A. (2015). Store or export? An economic evaluation of financial compensation to forest sector after windstorm. The case of Hurricane Klaus. *Forest Policy and Economics*, 61, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2015.06.005>
- Caurla, S., Lecocq, F., Delacote, P., & Barkaoui, A. (2010). The French Forest Sector Model: version 1.0 (Document de travail n° 2010-04). Nancy, França: LEF - AgroParisTech/INRA.
- CELPA (2017). Boletim estatístico - 2016. Lisboa.
- Centro PINUS (2017). A fileira do pinho em 2016. Indicadores da fileira do pinho. Porto.
- CESE (1996). O sector florestal português: documento de apoio ao seminário do CESE - Conselho para a Cooperação Ensino Superior-Empresa. Grupo de trabalho sobre o sector florestal. Póvoa do Varzim.
- Decreto-Lei n° 390/99 de 22 de Setembro. D. R. n° 222/1999, Série I-A.
- DGRF (2006a). Estratégia Nacional para as Florestas. Resolução do Conselho de Ministros n.º 114/2006, de 15 de Setembro. D.R. n.º 179, 1.ª série. Imprensa Nacional - Casa da Moeda, Lisboa.
- DGRF (2006b). Planos Regionais de Ordenamento Florestal das regiões Dão e Lafões, Pinhal Interior Sul, Pinhal Interior Norte, Beira Interior Sul, Centro Litoral, Beira Interior Norte, Oeste, Ribatejo, Área Metropolitana de Lisboa, Algarve, Baixo Alentejo. Lisboa. Publicados pela Imprensa Nacional - Casa da Moeda em:
- Decreto Regulamentar n.º 7/2006, de 18 de Julho. D.R. n.º 137/2006, Série I. Aprova o PROF de Dão e Lafões;
 - Decreto Regulamentar n.º 8/2006, de 19 de Julho. D.R. n.º 138/2006, Série I. Aprova o PROF do Pinhal Interior Sul;
 - Decreto Regulamentar n.º 9/2006, de 19 de Julho. D.R. n.º 138/2006, Série I. Aprova o PROF do Pinhal Interior Norte;

- Decreto Regulamentar n.º 10/2006, de 20 de Julho. D.R. n.º 139/2006, Série I. Aprova o PROF da Beira Interior Sul;
- Decreto Regulamentar n.º 11/2006, de 21 de Julho. D.R. n.º 140/2006, Série I. Aprova o PROF do Centro Litoral;
- Decreto Regulamentar n.º 12/2006, de 24 de Julho. D.R. n.º 141/2006, Série I. Aprova o PROF da Beira Interior Norte;
- Decreto Regulamentar n.º 14/2006, de 17 de Outubro. D.R. n.º 200/2006, Série I. Aprova o PROF do Oeste;
- Decreto Regulamentar n.º 15/2006, de 19 de Outubro. D.R. n.º 202/2006, Série I. Aprova o PROF da Área Metropolitana de Lisboa;
- Decreto Regulamentar n.º 16/2006, de 19 de Outubro. D.R. n.º 202/2006, Série I. Aprova o PROF do Ribatejo;
- Decreto Regulamentar n.º 17/2006, de 20 de Outubro. D.R. n.º 203/2006, Série I. Aprova o PROF do Algarve.
- Decreto Regulamentar n.º 18/2006, de 20 de Outubro. D.R. n.º 203/2006, Série I. Aprova o PROF do Baixo Alentejo.

DGRF (2007). Planos Regionais de Ordenamento Florestal das regiões Nordeste, Barroso e Padrela, Douro, Alto Minho, Baixo Minho, Alentejo Central, Alto Alentejo, Alentejo Litoral, Tâmega Área Metropolitana do Porto e Entre Douro e Vouga. Lisboa. Publicados pela Imprensa Nacional - Casa da Moeda em:

- Decreto Regulamentar n.º 2/2007, de 17 de Janeiro. D.R. n.º 12/2007, Série I. Aprova o PROF do Nordeste;
- Decreto Regulamentar n.º 3/2007, de 17 de Janeiro. D.R. n.º 12/2007, Série I. Aprova o PROF do Barroso e Padrela;
- Decreto Regulamentar n.º 4/2007, de 22 de Janeiro. D.R. n.º 15/2007, Série I. Aprova o PROF do Douro;
- Decreto Regulamentar n.º 16/2007, de 28 de Março. D.R. n.º 62/2007, Série I. Aprova o PROF do Alto Minho;
- Decreto Regulamentar n.º 17/2007, de 28 de Março. D.R. n.º 62/2007, Série I. Aprova o PROF do Baixo Minho;
- Decreto Regulamentar n.º 36/2007, de 2 de Abril. D.R. n.º 65/2007, Série I. Aprova o PROF do Alentejo Central;
- Decreto Regulamentar n.º 37/2007, de 3 de Abril. D.R. n.º 66/2007, Série I. Aprova o PROF do Alto Alentejo;
- Decreto Regulamentar n.º 39/2007, de 5 de Abril. D.R. n.º 68/2007, Série I. Aprova o PROF do Alentejo Litoral;
- Decreto Regulamentar n.º 41/2007, de 10 de Abril. D.R. n.º 70/2007, Série I. Aprova o PROF do Tâmega;
- Decreto Regulamentar n.º 42/2007, de 10 de Abril. D.R. n.º 70/2007, Série I. Aprova o PROF da Área Metropolitana do Porto e Entre Douro e Vouga.

Dixon, G.E. (Comp.) (2003). Essential FVS: A user's guide to the forest vegetation simulator (Internal Rep.). Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Management Service Center.

Eggers, J., Lindner, M., Zudin, S., Zaehle, S., & Liski, J. (2008). Impact of changing wood demand, climate and land use on European forest resources and carbon stocks during the 21st century. *Global Change Biology*, 14(10), 2288–2303. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01653.x>

Enke, S. (1951). Equilibrium among spatially separated markets: solution by electric analogue. *Econometrica*, vol. 19, 40-47.

Eriksson, L. O., Gustavsson, L., Hänninen, R., & Kallio, M. (2009). Climate Implications of Increased

- Wood Use in the Construction Sector - Towards an Integrated Modeling Framework (Arbetsrapport 257). Umea, Suécia: SLU.
- Franklin, O., Aoki, K., & Seidl, R. (2009). A generic model of thinning and stand density effects on forest growth, mortality and net increment. *Annals of Forest Science*, 66(8). <https://doi.org/10.1051/forest/2009073>
- Franklin, O., Moltchanova, E., Kraxner, F., Seidl, R., Böttcher, H., Rokityansky, D., & Obersteiner, M. (2012). Large-Scale Forest Modeling: Deducing Stand Density from Inventory Data. *International Journal of Forestry Research*, 2012, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2012/934974>
- Haim, D., White, E. M., & Alig, R. J. (2014). Permanence of agricultural afforestation for carbon sequestration under stylized carbon markets in the U.S.. *Forest Policy and Economics*, 41, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2013.12.008>
- Hann, D.W., Hester, A.S., & Olsen, C.L. (1997). ORGANON user's manual (6th ed.). Corvallis, OR: Department of Forest Resources, Oregon State University.
- Hurmekoski, E., & Hetemäki, L. (2013). Studying the future of the forest sector: Review and implications for long-term outlook studies. *Forest Policy and Economics*, 34, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2013.05.005>
- Hurmekoski, E., & Sjølie, H. K. (2018). Comparing forest sector modelling and qualitative foresight analysis: Cases on wood products industry. *Journal of Forest Economics*, 31, 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2017.10.002>
- Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Salminen, H., Siipilehto, J., Haapala, P. (2002). Models for predicting stand development in MELA System (Research Papers 835). Vantaa, Finlândia: Finnish Forest Research Institute.
- ICNF (2013). IFN6 - Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental. Resultados preliminares. Retirado de <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/doc/ifn/ifn6-res-prelimv1-1/view>
- ICNF (2015). Revisão da Estratégia Nacional para as Florestas. Resolução do Conselho de Ministros n.º 6-B/2015, de 4 de Fevereiro. D. R. n.º 24/2015, 1º Suplemento, Série I. Imprensa Nacional - Casa da Moeda. Lisboa.
- ICNF (2017). Programas Regionais de Ordenamento Florestal do Alentejo e de Lisboa e Vale do Tejo (versão para consulta pública, acedida a 02.01.2018 em: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/profs/revisao-prof-curso>).
- ICNF (2019a). Esquema das fileiras silvo-industriais. Acedido a 18.09.2019 em: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/resource/doc/import-economica/2019-09-02-Esquema-fileirassilvoindustriais-ICNF.pdf>
- ICNF (2019). IFN6 – Principais resultados – relatório sumário. Retirado de: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/doc/ifn/IFN6-Principais-resultados-Jun2019.pdf>
- ICNF (2019c). Programas Regionais de Ordenamento Florestal de Entre Douro e Minho, de Trás-os-Montes e Alto Douro, do Centro Interior, do Centro Litoral, de Lisboa e Vale do Tejo, do Alentejo e do Algarve. Versão final acedida a 02.04.2019 em: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/profs/prof-em-vigor>
- ICNF (2019d). Síntese económica - 2018. Acedido a 18.09.2019 em: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/econ#observatorio>.
- IIASA. (2006). INSEA - Integrated Sink Enhancement Assessment (Final Report). Laxemburgo, Áustria: International Institute for Applied Systems Analysis.
- Im, E. H., Adams, D. M., & Latta, G. S. (2007). Potential impacts of carbon taxes on carbon flux in

- western Oregon private forests. *Forest Policy and Economics*, 9(8), 1006–1017.
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2006.09.006>
- Im, E. H., Adams, D. M., & Latta, G. S. (2010). The impacts of changes in federal timber harvest on forest carbon sequestration in western Oregon. *Canadian Journal of Forest Research*, 40(9), 1710–1723. <https://doi.org/10.1139/X10-110>
- Ince, P. J., Kramp, A., & Skog, K. E. (2012). Evaluating Economic Impacts of Expanded Global Wood Energy Consumption with the USFPM/GFPM Model. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 60(2), 211–237. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7976.2012.01249.x>
- Ince, P. J., Kramp, A. D., Skog, K. E., Yoo, D. il, & Sample, V. A. (2011). Modeling future U.S. forest sector market and trade impacts of expansion in wood energy consumption. *Journal of Forest Economics*, 17(2), 142–156. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2011.02.007>
- INE (2019). Contas Económicas da Silvicultura - 2017. Lisboa.
- Kallio, A. M. I. (2010). Accounting for uncertainty in a forest sector model using Monte Carlo simulation. *Forest Policy and Economics*, 12(1), 9–16.
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.09.014>
- Kallio, A. M. I., Chudy, R., & Solberg, B. (2018). Prospects for producing liquid wood-based biofuels and impacts in the wood using sectors in Europe. *Biomass and Bioenergy*, 108, 415–425.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.11.022>
- Kallio, A. M. I., Hänninen, R., Vainikainen, N., & Luque, S. (2008). Biodiversity value and the optimal location of forest conservation sites in Southern Finland. *Ecological Economics*, 67(2), 232–243.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.05.005>
- Kallio, A. M. I., Lehtilä, A., Koljonen, T., & Solberg, B. (2015). Best scenarios for forest and energy sectors - implications for the biomass market (Research Report nº D 1.2.1). Helsinki, Finlândia: Cleen Oy.
- Kallio, A. M. I., Moiseyev, A., & Solberg, B. (2004). The global forest sector model EFI-GTM. The model structure (Internal Report nº 15). Joensuu, Finlândia: European Forest Institute.
- Kallio, A. M. I., Moiseyev, A., & Solberg, B. (2006). Economic impacts of increased forest conservation in Europe: a forest sector model analysis. *Environmental Science and Policy*, 9(5), 457–465.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2006.03.002>
- Kallio, A. M. I., Salminen, O., & Sievänen, R. (2013). Sequester or substitute-Consequences of increased production of wood based energy on the carbon balance in Finland. *Journal of Forest Economics*, 19(4), 402–415. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2013.05.001>
- Kallio, A. M. I., Salminen, O., & Sievänen, R. (2016). Forests in the Finnish low carbon scenarios. *Journal of Forest Economics*, 23, 45–62. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2015.12.001>
- Kallio, A. M. I., & Solberg, B. (2018). Leakage of forest harvest changes in a small open economy: case Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33(5), 502–510.
<https://doi.org/10.1080/02827581.2018.1427787>
- Kallio, A. M. I., Solberg, B., Käär, L., & Päivinen, R. (2018). Economic impacts of setting reference levels for the forest carbon sinks in the EU on the European forest sector. *Forest Policy and Economics*, 92, 193–201. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.04.010>
- Kallio, M., Dykstra, D. P. & Binkley, C. S. (Eds.) (1987). *The Global Forest Sector: An analytical perspective*. Chichester, Reino Unido: John Wiley & Sons.
- Kellomäki, S., Väisänen, H. (1997). Modelling the dynamics of the forest ecosystem for climate change studies in the boreal conditions. *Ecological Modelling*, 97, 121–140.
[https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(96\)00081-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(96)00081-6)

- Latta, G. S., & Adams, D. (2005). Analysis of an Extensive Thinning Program on Eastern Oregon National Forests by Using a Dynamic Spatial Equilibrium Market Model With Endogenous Industry Capacity. Em: *Systems Analysis in Forest Resources: Proceedings of the 2003 Symposium, October 7-9, Stevenson, Washington* (pp.341-350). Bevers, M. & Barrett, T. M. (Comp.). General Technical Report, PNW-GTR-656. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Latta, G. S., Adams, D. M., Alig, R. J., & White, E. (2011). Simulated effects of mandatory versus voluntary participation in private forest carbon offset markets in the United States. *Journal of Forest Economics*, 17(2), 127-141. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2011.02.006>
- Latta, G. S., Adams, D. M., Bell, K. P., & Kline, J. D. (2016). Evaluating land-use and private forest management responses to a potential forest carbon offset sales program in western Oregon (USA). *Forest Policy and Economics*, 65, 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2016.01.004>
- Latta, G. S., Sjølie, H. K., & Solberg, B. (2013). A review of recent developments and applications of partial equilibrium models of the forest sector. *Journal of Forest Economics*, 19(4), 350-360. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2013.06.006>
- Lauri, P., Kallio, A. M. I., & Schneider, U. A. (2012). Price of CO₂ emissions and use of wood in Europe. *Forest Policy and Economics*, 15, 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.10.003>
- Lauri, P., Kallio, A. M. I., & Schneider, U. A. (2013). The future development of the use of wood in Russia and its potential impacts on the EU forest sector. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28(3), 291-302. <https://doi.org/10.1080/02827581.2012.735695>
- Lecocq, F., Caurla, S., Delacote, P., Barkaoui, A., & Sauquet, A. (2010). Retributing Forest Carbon vs. Stimulating Fuelwood Demand Insights from the French Forest Sector Model (Document de travail n° 2010-02). Nancy, França: LEF - AgroParisTech/INRA.
- Lecocq, F., Caurla, S., Delacote, P., Barkaoui, A., & Sauquet, A. (2011). Paying for forest carbon or stimulating fuelwood demand? Insights from the French Forest Sector Model. *Journal of Forest Economics*, 17(2), 157-168. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2011.02.011>
- Lenglet, J., Courtonne, J. Y., & Caurla, S. (2017). Material flow analysis of the forest-wood supply chain: A consequential approach for log export policies in France. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1296–1305. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.177>
- Lobianco, A., Caurla, S., Delacote, P., & Barkaoui, A. (2016a). Carbon mitigation potential of the French forest sector under threat of combined physical and market impacts due to climate change. *Journal of Forest Economics*, 23, 4-26. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2015.12.003>
- Lobianco, A., Delacote, P., Caurla, S., & Barkaoui, A. (2014a). Introducing spatial heterogeneity in forest sector modelling: insights from the French Forest Sector Model (Document de travail n° 2014-04). Nancy, França: LEF - AgroParisTech/INRA.
- Lobianco, A., Delacote, P., Caurla, S., & Barkaoui, A. (2014b). Introducing forest management in forest sector models: impact of active management and risk attitude on forest resources in the long term (Document de travail n° 2014-05). Nancy, França: LEF - AgroParisTech/INRA.
- Lobianco, A., Delacote, P., Caurla, S., & Barkaoui, A. (2015). The importance of introducing spatial heterogeneity in bio-economic forest models: Insights gleaned from FFSM++. *Ecological Modelling*, 309–310, 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.04.012>
- Lobianco, A., Delacote, P., Caurla, S., & Barkaoui, A. (2016b). Accounting for Active Management and Risk Attitude in Forest Sector Models: An Impact Study on French Forests. *Environmental Modeling and Assessment*, 21(3), 391-405. <https://doi.org/10.1007/s10666-015-9483-1>
- Louro, G. (2011). Modelo global para as fileiras silvo-lenhosas (Tese apresentada para obtenção de grau de Doutor em engenharia florestal e dos recursos naturais. Universidade Técnica de

- Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, Portugal). Disponível em:
<http://hdl.handle.net/10400.5/3873>
- Louro, G., Rego, F., Monteiro, M. e Machado, H. (2013). As fileiras Baseadas na Floresta: Análise Sectorial. *Silva Lusitana*, nº Especial, 1-19. INIAV, Oeiras. Disponível em:
http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-63522013000100001
- Matala, J., Ojansuu, R., Peltola, H., Sievänen, R., & Kellomäki, S. (2005). Introducing effects of temperature and CO₂ elevation on tree growth into a statistical growth and yield model. *Ecological Modelling*, 181(2-3), 173-190. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.06.030>
- McKillop, W. L. M. (1967). Supply and Demand for Forest Products - An Econometric Study. *Hilgardia*, vol. 38(1). Califórnia, EUA.
- Melillo, J.M., McGuire, A.D., Kicklighter, D.W., Moore III, B., Vorosmarty, C.J., & Schloss, A.L. (1993). Global climate change and terrestrial net primary production. *Nature*, 363, 234-240. <https://doi.org/10.1038/363234a0>
- Mendes, A. (2004). The Portuguese Forests. Country level report delivered to the EFFE Project, Evaluating Financing of Forestry in Europe. Porto: Universidade Católica Portuguesa - Porto, Faculdade de Economia e Gestão.
- Merlo, M., e Croitoru, L. (Eds) (2005). *Valuing mediterranean forests: towards total economic value*. Wallingford, Reino Unido: CABI Publishing.
- Mills, J., & Kincaid, J. (1992). The Aggregate Timberland Assessment System - ATLAS: A Comprehensive Timber Projection Model (General Technical Report PNW-281). Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Moiseyev, A., Solberg, B., Kallio, A. M. I., & Lindner, M. (2011). An economic analysis of the potential contribution of forest biomass to the EU RES target and its implications for the EU forest industries. *Journal of Forest Economics*, 17(2), 197-213. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2011.02.010>
- Moiseyev, A., Solberg, B., Michie, B. & Kallio, A. M. I. (2010). Modeling the impacts of policy measures to prevent import of illegal wood and wood products. *Forest Policy and Economics*, vol. 12, 1, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.09.015>
- Mustapha, W. (2016). The Nordic Forest Sector Model (NFSM): Data and Model Structure (INA fagrapport 38). Ås, Noruega: Department of Ecology and Natural Resource Management - Norwegian University of Life Sciences. Acedido a 29.08.2019, em:
<http://www.umb.no/statisk/ina/publikasjoner/fagrapport/if38.pdf>
- Mustapha, W. F., Trømborg, E., & Bolkesjø, T. F. (2017). Forest-based biofuel production in the Nordic countries: Modelling of optimal allocation. *Forest Policy and Economics*, (July), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.07.004>
- Nabuurs, G. J., Pussinen, A., Karjalainen, T., Erhard, M., & Kramer, K. (2002). Stemwood volume increment changes in European forests due to climate change - A simulation study with the EFISCEN model. *Global Change Biology*, 8(4), 304-316. <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2001.00470.x>
- Norwegian University of Life Sciences / Contact: Birger Solberg (2011). Documentation of the Forest Sector Model (Technical Report 43). Joensuu, Finlândia: European Forest Institute.
- Nuutinen T. & Kellomäki S. (2001). A comparison of three modeling approaches for large-scale forest scenario analysis in Finland. *Silva Fennica* 35(3), 299-308. <https://doi.org/10.14214/sf.586>
- Nuutinen, T., Matala, J., Hirvelä, H., Härkönen, K., Peltola, H., Väisänen, H., & Kellomäki, S. (2006). Regionally optimized forest management under changing climate. *Climatic Change*, 79(3-4), 315-333. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9098-2>

- Perez-Garcia, J., Joyce, L. A., Binkley, C. S., & McGuire, A. D. (1997). Economic impacts of climatic change on the global forest sector: An integrated ecological/economic assessment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 27(sup001), 123-138. <https://doi.org/10.1080/10643389709388514>
- Perez-Garcia, J., Joyce, L. A., & McGuire, A. D. (2002). Temporal uncertainties of integrated ecological/economic assessments at the global and regional scales. *Forest Ecology and Management*, 162(1), 105–115. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00053-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00053-1)
- Perez-Garcia, J., Joyce, L. A., McGuire, A. D., & Xiao, X. (2002). Impacts of climate change on the global forest sector. *Climatic Change*, 54(4), 439-461. <https://doi.org/10.1023/A:1016124517309>
- Perez-Garcia, J., Wang, Y. e Xu, W. (1999). An Economic and Environmental Assessment of Asian Forest Sectors. Em: Yoshimoto, A., Yukutake, K. (Eds.), *Global concerns for forest resource utilization - Sustainable use and management*. Forestry sciences, Vol. 62 (pp. 231-242). Holanda: Springer.
- Pinho, J. (2014). Forest Planning in Portugal. Em: Reboredo, F. (Ed.). *Forest Context and Policies in Portugal - Present and Future Challenges*. World Forest Series, Vol. 19 (pp. 155-184). Suíça: Springer.
- Radich, M.C. e Baptista, F.O. (2005). Floresta e Sociedade: Um Percurso (1875-2005). *Silva Lusitana* 13(2), pp. 143 - 157. EFN, Lisboa. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/8039>
- Raunikaar, R., Buongiorno, J., Turner, J. A., & Zhu, S. (2010). Global outlook for wood and forests with the bioenergy demand implied by scenarios of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Forest Policy and Economics*, 12(1), 48-56. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.09.013>
- Raymer, A. K., Gobakken, T., Solberg, B., Hoen, H. F., & Bergseng, E. (2009). A forest optimisation model including carbon flows: Application to a forest in Norway. *Forest Ecology and Management*, 258(5), 579-589. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.04.036>
- Reboredo, F. (Ed.) (2014). *Forest Context and Policies in Portugal – Present and Future Challenges*. World Forest Series, Vol. 19. Suíça: Springer.
- Redsven, V., Hirvelä, H., Härkönen, K., Salminen, O., Siitonen, M. (2013). MELA2012 Reference Manual (2nd ed.). Vantaa, Finlândia: The Finnish Forest Research Institute. Retirado de https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/504385/978-951-40-2394-1_mela2012.pdf.
- Rego, F., Constantino, L. e Louro, G. (2014) Forest Policies in a Changing International Context. Em: Reboredo, F. (Ed.). *Forest Context and Policies in Portugal - Present and Future Challenges*. World Forest Series, Vol. 19 (pp. 219-235). Suíça: Springer.
- Ronnala, M. (1995). Medium-Term Scenarios for the Finnish Pulp and Paper Industry (WP-95-38, IIASA Working Paper). Retirado de <http://webarchive.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/WP-95-038.pdf>
- Samuelson, P.A. (1952), Spatial price equilibrium and linear programming. *The American Economic Review*, 42(3), 283-303.
- Santos, F.D. e Miranda, P. (Eds.) (2006). Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projecto SIAM II. Lisboa, Portugal: Gradiva.
- Sauquet, A., Lecocq, F., Delacote, P., Cauria, S., Barkaoui, A., & Garcia, S. (2011). Estimating Armington elasticities for sawnwood and application to the French Forest Sector Model. *Resource and Energy Economics*, 33(4), 771-781. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2011.04.001>
- Schelhaas, M.-J., Eggers, J., Lindner, M., Nabuurs, G., Pussinen, A., Päivinen, R., ... Zudin, S. (2007). Model documentation for the European Forest Information Scenario model (EFISCEN 3.1.3) (Alterra-rapport, 1559 / EFI Technical Report 26). Wageningen, Holanda: Wageningen

- University & Research / Joensuu, Finlândia: European Forest Institute. Retirado de <http://www.fefr.org/files/attachments/publications/alterrapport1559.pdf>
- Schelhaas, M.-J., Nabuurs, G.-J., & Verkerk, P. J. (2016). Description of the modelling approach of the European Forest Information Scenario model (EFISCEN 4.1). European Forest Institute. Retirado de <http://www.efi.int/knowledge/models/efiscen/documentation>
- Schillinger, R. R., Adams, D. M., Latta, G. S., & Van Nalts, A. K. (2003). An analysis of future private timber supply potential in Western Oregon. *Western Journal of Applied Forestry*, 18(3), 166-174. <https://doi.org/10.1093/wjaf/18.3.166>
- Schneider, U. A., Balkovic, J., de Cara, S., Franklin, O., Fritz, S., Havlik, P., ... Skalsky, R. (2008). The European Forest and Agriculture Optimisation Model -- EUFASOM. Conference paper. 16th Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists (EAERE). Retirado de https://www.researchgate.net/publication/24130110_The_European_Forest_and_Agriculture_Optimisation_Model_-_EUFASOM
- Singh, B. K., Nautiyal, J. C. (1986). An econometric analysis of markets for Canadian lumber. *Wood and Fiber Science*, 18(3), 382-396. Obtido em: <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/2143/2143>
- Sjølie, H. K. (2011). Analyses of the use of the Norwegian forest sector in climate change mitigation (Dissertação de Doutoramento 2011:28, Norwegian University of Life Sciences, Ås, Noruega).
- Sjølie, H. K., Latta, G. S., Adams, D. M., & Solberg, B. (2011). Impacts of agent information assumptions in forest sector modeling. *Journal of Forest Economics*, 17(2), 169-184. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2011.02.009>
- Sjølie, H. K., Latta, G. S., Gobakken, T., & Solberg, B. (2011). NorFor - a forest sector model of Norway Model overview and structure (INA fagrapport 18). Ås, Noruega: Department of Ecology and Natural Resource Management - Norwegian University of Life Sciences. Retirado de <http://www.umb.no/statisk/ina/publikasjoner/fagrapport/if18.pdf>
- Sjølie, H. K., Latta, G. S., & Solberg, B. (2013a). Dual discounting in climate change mitigation in the forest sector. *Journal of Forest Economics*, 19(4), 416-431. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2013.07.001>
- Sjølie, H. K., Latta, G. S., & Solberg, B. (2013b). Potential impact of albedo incorporation in boreal forest sector climate change policy effectiveness. *Climate Policy*, 13(6), 665-679. <https://doi.org/10.1080/14693062.2013.786302>
- Sjølie, H. K., Latta, G. S., & Solberg, B. (2013c). Potentials and costs of climate change mitigation in the Norwegian forest sector — Does choice of policy matter? *Canadian Journal of Forest Research*, 43(6), 589-598. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2012-0457>
- Sjølie, H. K., Latta, G. S., & Solberg, B. (2016). Combining backcasting with forest sector projection models to provide paths into the future bio-economy. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31(7), 708-718. <https://doi.org/10.1080/02827581.2016.1186218>
- Sjølie, H. K., Latta, G. S., Trømborg, E., Bolkesjø, T. F., & Solberg, B. (2015). An assessment of forest sector modeling approaches: conceptual differences and quantitative comparison. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30(1), 60–72. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.999822>
- Sjølie, H. K., Trømborg, E., Solberg, B., & Bolkesjø, T. F. (2010). Effects and costs of policies to increase bioenergy use and reduce GHG emissions from heating in Norway. *Forest Policy and Economics*, 12(1), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.08.011>
- Smith, W. B., P. D. Miles, C. H. Perry e Pugh S. A. (2009). Forest Resources of the United States, 2007 (Gen. Tech. Rep. WO-78). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest

Service, Washington Office.

- Solberg, B., Moiseyev, A., & Kallio, A. M. I. (2003). Economic impacts of accelerating forest growth in Europe. *Forest Policy and Economics*, 5(2), 157-171. [https://doi.org/10.1016/S1389-9341\(03\)00022-4](https://doi.org/10.1016/S1389-9341(03)00022-4)
- Solberg, B., Moiseyev, A., Kallio, A. M. I., & Toppinen, A. (2010). Forest sector market impacts of changed roundwood export tariffs and investment climate in Russia. *Forest Policy and Economics*, 12(1), 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.09.016>
- Toppinen, A., & Kuuluvainen, J. (2010). Forest sector modelling in Europe-the state of the art and future research directions. *Forest Policy and Economics*, 12(1), 2–8. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.09.017>
- Trømborg, E., Bolkesjø, T. F., & Solberg, B. (2007). Impacts of policy means for increased use of forest-based bioenergy in Norway - A spatial partial equilibrium analysis. *Energy Policy*, 35(12), 5980–5990. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.08.004>
- Trømborg, E., & Sjølie, H. K. (2011). Data applied in the forest sector models NorFor and NTMIII (INA fagrapport 17). Ås, Noruega: Department of Ecology and Natural Resource Management - Norwegian University of Life Sciences. Retirado de <http://www.umb.no/statisk/ina/publikasjoner/fagrapport/if17.pdf>
- Trømborg, E., & Solberg, B. (2010). Forest sector impacts of the increased use of wood in energy production in Norway. *Forest Policy and Economics*, 12(1), 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.09.011>
- Turner, J. A. & Buongiorno, J. (2003). Issues and prospects in global forest sector modeling. Em: Helles, F., Strange, N. & Wichmann, L. (Eds.). *Recent Accomplishments in Applied Forest Economics Research* (pp. 193-205). Holanda: Kluwer Academic Publishers.
- Turner, J. A., Buongiorno, J., & Zhu, S. (2006). An economic model of international wood supply, forest stock and forest area change. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21(1), 73–86. <https://doi.org/10.1080/02827580500478506>
- Vanclay J.K. (1994). *Modelling forest growth and yield. Applications to mixed tropical forests*. Wallingford, Reino Unido: CAB International.
- Weiskittel, A. R., Hann, D. W., Kershaw, J. A. & Vanclay, J. K. (2011). *Forest growth and yield modeling* (2nd Ed.). Chicester, Reino Unido: Wiley-Blackwell.
- Zhu, S., Buongiorno, J., & Brooks, D. J. (2001). Effects of accelerated tariff liberalization on the forest products sector: A global modeling approach. *Forest Policy and Economics*, vol. 2, 1, pp. 57-78. [https://doi.org/10.1016/S1389-9341\(00\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S1389-9341(00)00039-3)

ANEXOS

Anexo 1 - Exemplo de formulação de um Modelo Sectorial para a Floresta

Retirado de: Sjølie, H. K., Latta, G. S., & Solberg, B. (2013a), relativo ao modelo NorFor.

Appendix. Model specifications

Objective function:

Maximize

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^T \left\{ \left[\sum_r \sum_{fp} D_{r,fp}(Q_{r,fp,t}) + \sum_{fr} \sum_p D_{fr,p}(Q_{fr,p,t}) - \sum_p S_p^F(Q_{p,t}^{FS}) - \sum_r \sum_l \sum_{cf} FC_{r,cf} \times H_{r,l,t} \right. \right. \\ \left. \left. + \text{Amenity}_t - \sum_r \sum_{ip} \sum_m \sum_f EC_{r,t,f} \times R_{ip,r,m,f} \times PR_{ip,r,m,t} - \sum_r \sum_{ip} \sum_m IC_{r,ip} \right. \right. \\ \left. \left. \times (Ck \times C_{r,ip,m,t} + Cm \times CM_{r,ip,m,t} + Cb \times CB_{r,ip,m,t}) - \sum_{ar} \sum_{ar2} \sum_p TC_{ar,ar2,p} \times TR_{ar,ar2,p,t} \right] \right. \\ \left. (1+i)^{-t} + [(CFlux_t - CFluxBase_t) \times CarbonPrice](1+i_c)^{-t} \right\} \end{aligned} \quad (A1)$$

subject to:

$$\sum_{XN} \sum_t EX_{pl,t,XM} = HA_{pl} \quad (A2)$$

for all pl

$$EX_{pl,t,XM} = \sum_{t2} \sum_{NM} NEW_XN_{pl,t2,t,XM,NM} \quad (A3)$$

for all t, pl, XM

$$\sum_{t2} \sum_{XM} NEW_XN_{pl,t2,t,XM,NM} + \sum_{t2} \sum_{NM3} NEW_NN_{pl,t2,t,NM3,NM} = \sum_{t2} \sum_{NM2} NEW_NN_{pl,t2,t,NM,NM2} \quad (A4)$$

for all t, pl, NM

$$\begin{aligned} H_{r,l,t} = \sum_{pl} \left[\sum_{t2} \sum_{XM} EX_{pl,t,XM} \times XYield_{pl,t2,XM,l} + \sum_{XM} EX_{pl,t,XM} \times XYield_{pl,t,XM,l} \right. \\ \left. + \sum_{t2} \sum_{t3} \sum_{XM} \sum_{NM} NEW_XN_{pl,t2,t,XM,NM} \times NYield_{t3,NM,l} \right. \\ \left. + \sum_{t2} \sum_{t3} \sum_{t4} \sum_{XM} \sum_{NM} NEW_XN_{pl,t2,t4,XM,NM} \times NYield_{t3,NM,l} \right. \\ \left. \times \sum_{t2} \sum_{t3} \sum_{NM} \sum_{NM2} NEW_NN_{pl,t2,t,NM,NM2} \times NYield_{t3,NM2,l} \right. \\ \left. + \sum_{t2} \sum_{t3} \sum_{t4} \sum_{NM} \sum_{NM2} NEW_NN_{pl,t2,t4,NM,NM2} \times NYield_{t3,NM2,l} \right] \end{aligned} \quad (A5)$$

for all t, l, r

$$H_{r,p,t} + Q_{p,t}^{FS} + \sum_{ar2} TR_{ar2,ar,p,t} + \sum_m PR_{p,r,m,t} - WD_{p,r,t} - \sum_{ar2} TR_{ar,ar2,p,t} - \sum_m \sum_p R_{ip,r,m,t} \times PR_{ip,r,m,t} - Q_{p,t}^{FD} = Q_{r,p,t} \quad (A6)$$

for all t, p, r

$$C_{ip,r,m,t-1}(1-dr) + CM_{ip,r,m,t} + CB_{ip,r,m,t} = C_{ip,r,m,t} \quad (A7)$$

for all t, ip, r, m

$$CM_{r,ip,m,t} \leq C_{ip,r,m,t-1}(1-dr) \quad (A8)$$

for all t, ip, r, m

$$PR_{ip,r,m,t} \leq C_{ip,r,m,t} \quad (A9)$$

for all t, ip, r, m

$$CB_{r,ip,m,t} \leq CMax_{r,ip,m} \quad (A10)$$

for all t, ip, r, m

$$\begin{aligned} CFlux_t = & \sum_{XM} EX_{pl,t,XM} \times CXYield_{pl,t,XM} + \sum_{t2} \sum_{t3} \sum_{XM} \sum_{NM} NEW_XN_{pl,t3,t2,XM,NM} \\ & \times CNYield_{t,NM} \sum_{t2} \sum_{t3} \sum_{NM} \sum_{NM2} NEW_NN_{pl,t3,t2,NM,NM2} \times CNYield_{t,NM} - \sum_r \sum_l \sum_{cf} H_{r,l,cf,t} \\ & \times (GHG_{harv} + GHG_{trans} \times Dist_r) - \sum_{ar} \sum_{ip} \sum_{cf} TR_{ar,ar2,p,t} \times GHG_{trans} \times Dist_{ar,ar2} \\ & + \sum_{ip} \sum_r \sum_m PR_{ip,r,m,t} \times GHG_{Manu_{ip}} + \sum_{fp} \sum_r Q_{r,fp,t} \times Subst_{fp} \\ & + \sum_{ip} \sum_r \sum_{t2} \sum_m \sum_{t3} PR_{ip,r,m,t2} \times CStore_{ip,t3} + \sum_{fp} \sum_r \sum_{t2} \sum_{t3} Q_{r,fp,t2} \\ & \times Use_{fp,t3} \times Energy_{fp} \times SubstEnergy \end{aligned} \quad (A11)$$

for all t

Explanation of equations

(A1): Objective function: maximizing net social surplus

(A2): Allocation of existing forest

(A3): Stands clear-cut the first time go into a new management regime

(A4): Stands clear-cut more than one time go into a new management regime

(A5): Calculation of harvest volumes

(A6): Balance of wood inputs and outputs in industry

(A7)–(A10): Capacity constraint

(A11): GHG fluxes

Definition of symbols

1. Sets

$ar, ar2$: all regions, within and outside Norway

cf : forestry cost factor, i.e., costs of logging (final harvest and thinning) and silviculture

fr : foreign regions

f : costs in industry of input with exogenously determined prices

fp : end products, i.e., with a demand function in Norwegian regions

ip : industrial product, i.e., intermediate and end products from industrial production

l : log products, i.e., sawlogs and pulpwood of spruce, pine and birch

$NM, NM2, NM3$: management regimes for forest land regenerated at least once

p : products, including log products, industrial products and end products

r : regions within Norway

$t, t2, t3$: periods

T : last period

XM : management regimes for existing forest lands, i.e., which have not been yet clearcut

2. Scalars

Cb : costs to build new capacity as a share of IC

Ck : costs of keeping capacity as a share of IC

Cm : costs to maintain capacity as a share of IC

dr : depreciation rate in industry

GHG_{harv} : GHG emissions from harvest and hauling

GHG_{trans} : GHG emissions from transport of timber within in the county

i : interest rate

i_c : interest rate on GHG fluxes

$SubstEnergy$: substitution effects per energy unit when burning final products going out of use

3. Parameters

$CMax_{r,ip,m}$: maximum capacity for all periods

$CStore_{p,t3}$: change in carbon storage in industrial products in period $t3$

$CXYield_{pl,t,XM}$: net carbon sequestered in plot pl , period t and management XM

$CNYield_{t,XM}$: net carbon sequestered in period t with management XM

$Dist_{r1}$: transport distance for logs within a county

$Dist_{r12}$: transport distance between counties

$EC_{t,f}$: exogenous costs in industry, in region r , period t and of factor f

$Energy_{fp}$: energy content in final products

FC_{cf} : forestry costs in region r and of cost factor cf

$GHGManu_{ip}$: GHG emissions from processing of industry product ip

HA_{pl} : area in each forest plot

$IC_{r,ip}$: investment costs in region r and for industrial product ip

$Proc_{ip}$: GHG emissions from processing of industry product ip

$R_{ip,mf}$: input ratio of factor f to production of industrial product ip and in technology m

$Subst_{fp}$: substitution effects when consuming product fp

$TC_{ar,ar2,p}$: costs of transporting a product p from region ar to region $ar2$

$Use_{t,fp}$: share of final product fp going out of use in a period t

4. Variables

$C_{r,ip,m,t}$: capacity level in region r , of industrial product ip and of machines m

$CB_{r,ip,m,t}$: new capacity in region r , of industrial product ip and of machines m

$CFluxBase_t$: net GHG flux in the baseline in period t

$CFlux_t$: net GHG flux in period t

$CM_{r,ip,m,t}$: maintained capacity in region r , of industrial product ip and of machines m

$D_{r,fp}(Q_{r,fp,t})$: area under the demand curve for end product fp in region r as a function of volume Q

$D_{fr,p}(Q_{fr,p,t})$: area under the demand curve for product p in the foreign region fr as a function of volume Q

$EX_{pl,XM}$: area in plot pl allocated to management regime XM and harvested in period t

$H_{r,l,cf,t}$: harvest in region r , of log product l with forestry cost factor cf in period t

$Inv_{l,r,p}$: growing stock of log product l , in region r in period p

$NEW_XN_{pl,t,t2,XM,NM}$: area in plot pl allocated to management regime NM , allocated to management regime XM before harvest, harvested and regenerated in period t and harvested in period $t2$

$NEW_JN_{pl,t,t2,NM,NM2}$: area in plot pl allocated to management regime $NM2$, allocated to management regime NM before harvest, harvested and regenerated in period t and harvested in period $t2$

$PR_{r,ip,m,t}$: production of industrial product ip , in region r , in machines m in period t

$S_p^f(Q_{p,t}^{FS})$: supply function for product p in the foreign region as a function of volume

$TR_{ar,ar2,p,t}$: transport of product p from region ar to region $ar2$ in period t

$WD_{p,r,t}$: wood debris of product p , in region r and in period t

Anexo 2 - Esquema das fileiras silvo-industriais

FILEIRAS FLORESTAIS

SETOR FLORESTAL | 2018

E: 70 786 (n.º), exclui biomassa para energia
P: 8 305 829 000 (€) na silvicultura e indústrias da madeira, pasta, papel e cartão (exclui o mobiliário em madeira)
BC: 2 606 693 209 (€)
VAB: 3 810 000 000 (€), em 2016

Silvicultura e Exploração floresta

E: 8 731 (n.º) | BC: -223 778 388 (€)

Toros de madeira para a indústria

P: 12 88 016 (m³)
BC: -86 622 650 (€)

Toros de madeira para serração

P: 2 061 180 (m³)

Toros de madeira para trituração

P: 10 368 910 (m³)

Outros toros de madeira para fins industriais

P: 357 926 (m³)

Resina

P: 8 804 (t)
BC: -34 333 392 (€)

Cortiça

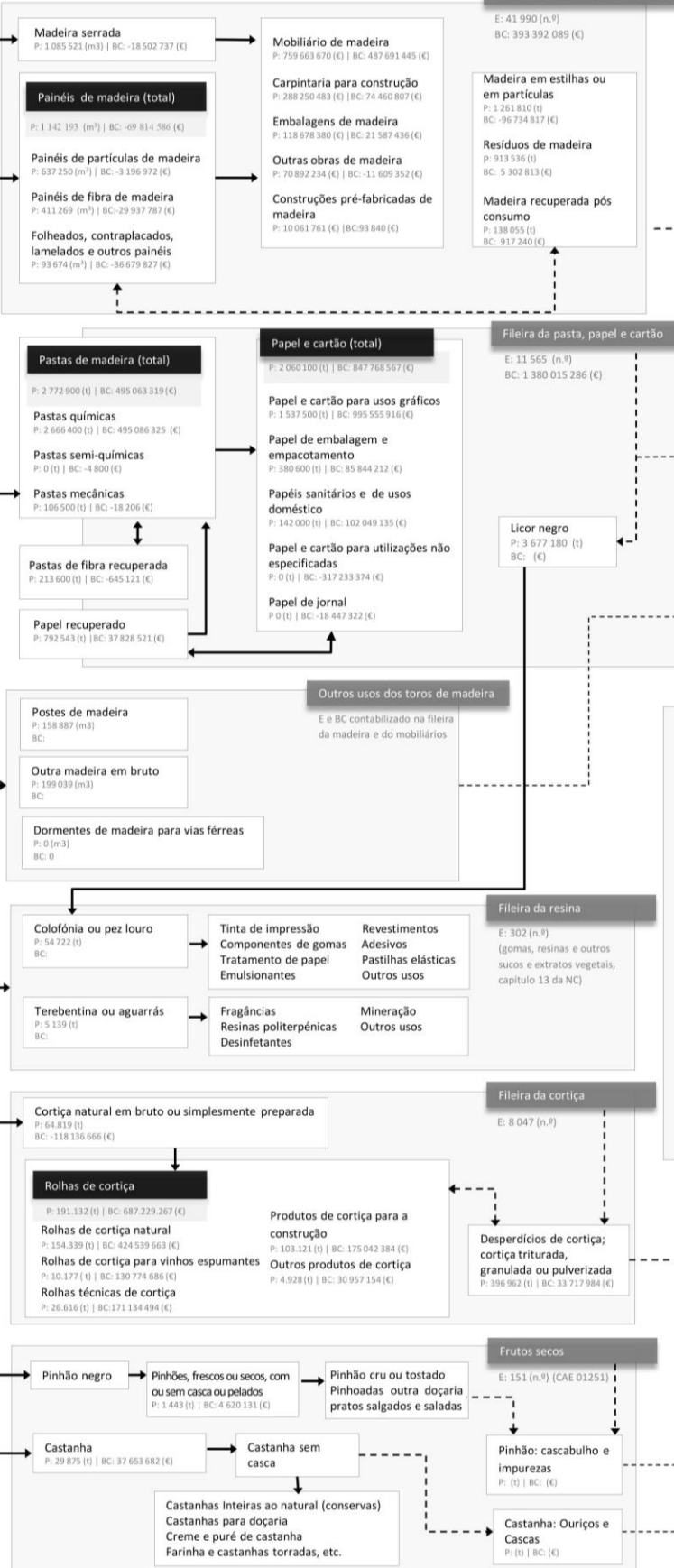
P: 150 000 (t)
BC: 848 029 699 (€)

Frutos secos: Pinha

P: 70 000 a 120 000 (t)
BC: 14 824 662 (€)

Frutos secos: Castanha

P: 29 875 (t)
BC: 35 167 640 (€)



Autoria: DGFC/DGVF
Fontes: ICNF, INE, GEP, DGEF, FAOSTAT, EUROSTAT, CELPA, AIF, etc.

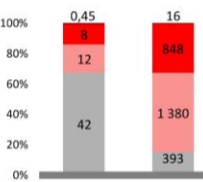
Produção (P) - Metros cúbicos (m³), toneladas (t), Euros (€); Giga watt hora (GWh) - Euros (€)

Valor Acrescentado Bruto: (VAB) - Euros (€)

Emprego (E) - Número (n.º)

Balança comercial (BC) - Exportações - importações - Euros (€)

Balanzo energético (BE) - Movimento de energia: relaciona as energias produzidas, emitidas, transitadas e consumidas num determinado período de tempo - 103 toneladas equivalentes de petróleo (ktep) (equivalente a 1010 kcal)



Casca e resíduos da indústria de processamento da madeira

P: 4 621 844 (t) | BC: (€)

Fileira da biomassa para energia

E: (n.º) (CAE 35113) | B: (€)

Energia a partir de biomassa

P: 3 070 (GWh) | BE: 2 395 (ktep) (7% da produção de renováveis | 51% no balanço das renováveis)

Calor e eletricidade em cogeração

P: (€) | BC: (€)

Eletricidade em centrais dedicadas

P: (€) | BC: (€)

Calor em sistemas localizados

P: (€) | BC: (€)

Pellets e outros aglomerados

P: 734 943 (t) | BC: 66 079 372 (€)

Carvão vegetal

P: 9 194 (t) | BC: -11 510 239 (€)

Lenhas

P: 1 178 205 (m³) | BC: 1 650 742 (€)

Sobranços de gestão e exploração florestal

P: (t) | BC: (€)

Árvores e toros não utilizados nas outras fileiras, Ramos, bidadas, cepos, folhas, raízes e cascas, Copas, ramos, troncos, sem valor comercial, lenha, matos, outros resíduos vegetais.

Fonte: Esquema das fileiras silvo-industriais (ICNF, 2019a).

Anexo 3 - Listas de publicações

Lista 1. Publicações consideradas com base nos resultados da pesquisa inicial

Abreviaturas: Enq. - Enquadramento; D. M. - Descrição de Modelo; D. M. Apl. - Descrição de Modelo e aplicação; Apl. - Aplicação;
PEM - Modelo de equilíbrio parcial; GEM - Modelo de equilíbrio geral.

N.º	Autor(es)	Ano	Título	Tema	Modelo
1	Aaheim, A. et al.	2011	Integrated modelling approaches to analysis of climate change impacts on forests and forest management	Enq.	-
2	Abbott, B.; Stennes, B.; van Kooten, G. C.	2009	Mountain pine beetle, global markets, and the British Columbia forest economy	D. M.	Sem nome (PEM)
3	Adams, D. M. et al.	1996	The forest and agricultural sector optimization model (FASOM): Model structure and policy applications. Introduction	D. M.	FASOM
4	Adams, D. M. et al.	1998	The effects of factor supply assumptions on intertemporal timber supply behavior: the cases of investable funds and land	Apl.	FASOM
5	Adams, D. M. et al.	2011	Regional Impacts of a Program for Private Forest Carbon Offset Sales	Apl.	FASOM-GHG
6	Adams, D. M.; Haynes, R. W.	1999	Forest sector modeling - Current state and promise for the future	Enq.	Vários (artigo de revisão)
7	Ahmad, I.; Perez-Garcia, J.	1999	The economics of carbon emission and sequestration in the forestry sector of Peninsular Malaysia	Apl.	Sem nome (PEM)
8	Alig, R. J. et al.	2001	Alternative projections of the impacts of private investment on southern forests: A comparison of two large-scale forest sector models of the United States.	Apl.	TAMM e FASOM
9	Alig, R. J. et al.	2010	Mitigating greenhouse gases: The importance of land base interactions between forests, agriculture, and residential development in the face of changes in bioenergy and carbon prices	Apl.	FASOM-GHG
10	Alig, R. J.; Adams, D. M.; McCarl, B. A.	2002	Projecting impacts of global climate change on the US forest and agriculture sectors and carbon budgets	Apl.	FASOM
11	Arts, B. et al.	2014	A practice based approach to forest governance	Enq.	-
12	Barbier, E. B.	1999	The effects of the Uruguay round tariff reductions on the forest product trade: A partial equilibrium analysis	Enq.	Sem nome (PEM)
13	Bolkesjo, T. F.	2005	Projecting pulpwood prices under different assumptions on future capacities in the pulp and paper industry	Apl.	NTM

N.º	Autor(es)	Ano	Título	Tema	Modelo
14	Bolkesjo, T. F.; Tromborg, E.; Solberg, B.	2005	Increasing forest conservation in Norway: Consequences for timber and forest products markets	Apl.	NTM
15	Bolkesjo, T. F.; Tromborg, E.; Solberg, B.	2006	Bioenergy from the forest sector: Economic potential and interactions with timber and forest products markets in Norway	D. M. Apl.	NTM
16	Brown, G.; Patterson, T.; Cain, N.	2011	The devil in the details: Non-convexities in ecosystem service provision	Enq.	-
17	Buongiorno, J.	1996	Forest sector modeling: A synthesis of econometrics, mathematical programming, and system dynamics methods	Enq.	PELPS (base do GFPM)
18	Buongiorno, J.	2015	Income and time dependence of forest product demand elasticities and implications for forecasting	Apl.	GFPM
19	Buongiorno, J. et al.	2014	Potential impact of a Transatlantic Trade and Investment Partnership on the global forest sector	Apl.	GFPM
20	Buongiorno, J.; Johnston, C.; Zhu, S.	2017	An assessment of gains and losses from international trade in the forest sector	Apl.	GFPM
21	Buongiorno, J.; Liu, C. S.	2003	Estimating wood utilization accounts and input-output relations from international forest product statistics	Enq.	-
22	Buongiorno, J.; Raunika, R.; Zhu, S.	2011	Consequences of increasing bioenergy demand on wood and forests: An application of the Global Forest Products Model	Apl.	GFPM
23	Buongiorno, J.; Zhu, S.	2013	Consequences of carbon offset payments for the global forest sector	Apl.	GFPM
24	Buongiorno, J.; Zhu, S.	2014	Assessing the impact of planted forests on the global forest economy	Apl.	GFPM
25	Buongiorno, J.; Zhu, S.	2015	Technical change in forest sector models: the global forest products model approach	Apl.	GFPM
26	Buongiorno, J.; Zhu, S.	2017	Potential effects of a Trans-Pacific Partnership on forest industries	Apl.	GFPM
27	Buongiorno, J.; Zhu, S.; Tomberlin, D.	1999	Modeling the global and Asia-Pacific forest sectors - Experiences and prospects	Enq.	GFPM
28	Cardellicchio, P.; Adams, D. M.	1990	An Appraisal of the IIASA Model of the Global Forest Sector - Advances, Shortcomings, and Implications for Future-Research	D. M.	GTM
29	Cauria, S. et al.	2013	Combining an inter-sectoral carbon tax with sectoral mitigation policies: Impacts on the French forest sector	Apl.	FFSM
30	Cauria, S. et al.	2013	Stimulating fuelwood consumption through public policies: An assessment of economic and resource impacts based on the French Forest Sector Model	Apl.	FFSM

N.º	Autor(es)	Ano	Título	Tema	Modelo
31	Chang, W.; Gaston, C.	2016	A trade flow analysis of the global softwood log market: implications of Russian log export tax reduction and New Zealand log production restriction	Apl.	Sem nome (PEM)
32	Chudy, R. P.; Sjølie, H. K.; Solberg, B.	2016	Incorporating risk in forest sector modeling - state of the art and promising paths for future research	Enq.	-
33	Daigneault, A. J.; Sohngen, B.; Sedjo, R.	2008	Exchange rates and the competitiveness of the United States timber sector in a global economy	Apl.	Sem nome (PEM)
34	Delacote, P.; Kallio, A. M. I.	2016	Forests and climate: New insights from forest sector modeling - EDITORIAL	Enq.	-
35	Delacote, P.; Kallio, A. M. I.; Harou, P.	2013	Special Issue: Forests, wood and climate: New results in forest sector modeling EDITORIAL	Enq.	-
36	Delacote, P.; Lecocq, F.	2011	Fuelwood, timber and climate change: Insights from forest sector modeling EDITORIAL	Enq.	-
37	Earles, J. M. et al.	2013	Integrated Economic Equilibrium and Life Cycle Assessment Modeling for Policy-based Consequential LCA	Apl.	USFPM
38	Eriksson, L. O. et al.	2012	Climate change mitigation through increased wood use in the European construction sector-towards an integrated modelling framework	Apl.	EFI-GTM
39	Haim, D.; White, E. M.; Alig, R. J.	2014	Permanence of agricultural afforestation for carbon sequestration under stylized carbon markets in the US	Apl.	FASOM-GHG
40	Hanninen, R.; Kallio, A. M. I.	2007	Economic impacts on the forest sector of increasing forest biodiversity conservation in Finland	Apl.	SF-GTM
41	Haynes, R. W.	2003	Economic analysis in support of broad scale land management strategies	Enq.	-
42	Haynes, R. W. et al.	2006	Bioeconomic and market models	Enq.	TAMM e Projecção de inventário entre outros
43	Haynes, R. W.; Adams, D. M.	1999	Have forest sector models changed forest policy in the United States	Enq.	-
44	Hetemaki, L.; Hurmekoski, E.	2016	Forest Products Markets under Change: Review and Research Implications	Enq.	-
45	Hovi, I. B. et al.	2011	Impacts of combining partial and general equilibrium modelling in freight transport analyses - a forest sector case study from Norway	Apl.	NTM e PINGO (GEM)
46	Hu, Y. et al.	2015	China's role in the global forest sector: how will the US recovery and a diminished Chinese demand influence global wood markets?	D. M. Apl.	CINFTSFA
47	Hurmekoski, E.; Hetemaki, L.	2013	Studying the future of the forest sector: Review and implications for long-term outlook studies	Enq.	Vários (artigo de revisão)

N.º	Autor(es)	Ano	Título	Tema	Modelo
48	Ince, P. J. et al.	2011	Modeling future U.S. forest sector market and trade impacts of expansion in wood energy consumption	Apl.	USFPM/GFPM
49	Johnson, S. E.	1986	Forest, Regional and Sector Planning-Models in New-Zealand	D. M. Apl.	Sem nome (PEM)
50	Johnston, C. M. T.	2016	Global paper market forecasts to 2030 under future internet demand scenarios	Apl.	GFPM
51	Johnston, C. M. T.; van Kooten, G. C.	2014	Economic consequences of increased bioenergy demand	Apl.	GFTM
52	Johnston, C. M. T.; van Kooten, G. C.	2016	Global trade impacts of increasing Europe's bioenergy demand	Apl.	Sem nome (PEM)
53	Jonsson, R. et al.	2016	Integrating forest-based industry and forest resource modeling	D. M.	GFTM com EFDM
54	Kallio, A. M. I.	2010	Accounting for uncertainty in a forest sector model using Monte Carlo simulation	Apl.	SF-GTM
55	Kallio, A. M. I. et al.	2011	Are the Finnish targets for the energy use of forest chips realistic-Assessment with a spatial market model	D. M. Apl.	ForENER
56	Kallio, A. M. I.; Moiseyev, A.; Solberg, B.	2006	Economic impacts of increased forest conservation in Europe: a forest sector model analysis	Apl.	EFI-GTM
57	Kallio, A. M. I.; Salminen, O.; Sievanen, R.	2013	Sequester or substitute-Consequences of increased production of wood based energy on the carbon balance in Finland	Apl.	SF-GTM
58	Kant, S.; Al-Ameen, W.; Nautiyal, J. C.	1996	The Canadian forest product sector: A sectoral econometric model	D. M. Apl.	Sem nome (PEM)
59	Khan, M. A.	2016	On a forest as a commodity and on commodification in the discipline of forestry	Enq.	-
60	Koebel, B. M. et al.	2016	Productivity, resource endowment and trade performance of the wood product sector	Enq.	-
61	Latta, G. S. et al.	2011	Simulated effects of mandatory versus voluntary participation in private forest carbon offset markets in the United States	Apl.	FASOM-GHG
62	Latta, G. S. et al.	2013	A multi-sector intertemporal optimization approach to assess the GHG implications of US forest and agricultural biomass electricity expansion	Apl.	FASOM-GHG
63	Latta, G. S. et al.	2016	Evaluating land-use and private forest management responses to a potential forest carbon offset sales program in western Oregon (USA)	Apl.	PNW-RM
64	Latta, G. S.; Sjølie, H. K.; Solberg, B.	2013	A review of recent developments and applications of partial equilibrium models of the forest sector	Enq.	Vários (artigo de revisão)
65	Lauri, P. et al.	2014	Woody biomass energy potential in 2050	Apl.	GLOBIOM

N.º	Autor(es)	Ano	Título	Tema	Modelo
66	Lauri, P.; Kallio, A. M. I.; Schneider, U. A.	2012	Price of CO2 emissions and use of wood in Europe	Apl.	EUFASOM
67	Lauri, P.; Kallio, A. M. I.; Schneider, U. A.	2013	The future development of the use of wood in Russia and its potential impacts on the EU forest sector	Apl.	EUFASOM
68	Lecocq, F. et al.	2011	Paying for forest carbon or stimulating fuelwood demand? Insights from the French Forest Sector Model	Apl.	FFSM
69	Li, R. et al.	2007	Potential economic impact of limiting the international trade of timber as a phytosanitary measure	Apl.	GFPM
70	Lindner, M. et al.	2002	Integrated forestry assessments for climate change impacts	Enq.	-
71	Lintunen, J.; Uusivuori, J.	2016	On the economics of forests and climate change: Deriving optimal policies	D. M. Apl.	Sem nome (PEM)
72	Lobianco, A. et al.	2015	The importance of introducing spatial heterogeneity in bio-economic forest models: Insights gleaned from FFSM plus	D. M. Apl.	FFSM
73	Lobianco, A. et al.	2016	Accounting for Active Management and Risk Attitude in Forest Sector Models	Apl.	FFSM
74	Lobianco, A. et al.	2016	Carbon mitigation potential of the French forest sector under threat of combined physical and market impacts due to climate change	Apl.	FFSM
75	Lonnstedt, L.	1986	A Dynamic Forest Sector Model with a Swedish Case	D. M. Apl.	Sem nome (PEM)
76	Lotze-Campen, H. et al.	2014	Impacts of increased bioenergy demand on global food markets: an AgMIP economic model intercomparison	Apl.	Vários (PEM e GEM)
77	Lundmark, R.	2007	Dependencies between forest products sectors: A partial equilibrium analysis	D. M. Apl.	FCM
78	Lundmark, R.; Mansikkasalo, A.	2009	European trade of forest products in the presence of EU policy	D. M. Apl.	EFTM
79	Moiseyev, A.	2003	Future scenarios for wood supply and demand in Russia	Apl.	EFI-GTM
80	Moiseyev, A. et al.	2010	Modeling the impacts of policy measures to prevent import of illegal wood and wood products	Apl.	EFI-GTM
81	Moiseyev, A. et al.	2011	An economic analysis of the potential contribution of forest biomass to the EU RES target and its implications for the EU forest industries	Apl.	EFI-GTM
82	Moiseyev, A.; Solberg, B.; Kallio, A. M. I.	2013	Wood biomass use for energy in Europe under different assumptions of coal, gas and CO2 emission prices and market conditions	Apl.	EFI-GTM
83	Nabuurs, G. J.; Moiseyev, A.	1999	Consequences of accelerated growth for the forests and forest sector in Germany	Apl.	Sem nome (PEM baseado no GTM)

N.º	Autor(es)	Ano	Título	Tema	Modelo
84	Niquidet, K.; Tang, J.	2013	Elasticity of demand for Canadian logs and lumber in China and Japan	Enq.	-
85	Nordstrom, E. et al.	2016	Impacts of global climate change mitigation scenarios on forests and harvesting in Sweden	Apl.	GLOBIOM
86	Northway, S.; Bull, G. Q.; Nelson, J. D.	2013	Forest Sector Partial Equilibrium Models: Processing Components	Enq.	Sem nome (PEM)
87	Perez-Garcia, J.	2010	Forest sector models and their application PREFACE	Enq.	-
88	Perez-Garcia, J. et al.	2002	Impacts of climate change on the global forest sector	Apl.	CGTM
89	Perez-Garcia, J.; Joyce, L. A.; McGuire, A. D.	2002	Temporal uncertainties of integrated ecological/economic assessments at the global and regional scales	Apl.	CGTM
90	Perez-Garcia, J.; Wang, Y. J.; Xu, W. H.	1999	An economic and environmental assessment of Asian forest sectors	Apl.	CGTM
91	Phelps, S.	1999	Modeling the North American demand for solid wood products with an emphasis on Canada	D. M. Apl.	NASAW (PEM baseado no PELPS)
92	Prestemon, J. P.; Buongiorno, J.	1996	The impacts of NAFTA on US and Canadian forest product exports to Mexico	D. M. Apl.	Sem nome (PEM)
93	Raunika, R. et al.	2010	Global outlook for wood and forests with the bioenergy demand implied by scenarios of the Intergovernmental Panel on Climate Change	Apl.	GFPM
94	Rautiainen, A.; Lintunen, J.; Uusivuori, J.	2017	Carbon taxation of the land use sector-the economics of soil carbon	D. M. Apl.	Sem nome (PEM)
95	Reilly, J. M.	2012	Green growth and the efficient use of natural resources	Enq.	-
96	Riera, P.; Aranda, L.; Mavsar, R.	2007	Efficiency and equity of forest policies: A graphic analysis using the partial equilibrium framework	Enq.	-
97	Sacchelli, S. et al.	2014	Matching socio-economic and environmental efficiency of wood-residues energy chain: a partial equilibrium model for a case study in Alpine area	D. M. Apl.	Sem nome (PEM)
98	Sathaye, J. et al.	2006	GHG mitigation potential, costs and benefits in global forests: A dynamic partial equilibrium approach	Apl.	GCOMAP
99	Sauquet, A. et al.	2011	Estimating Armington elasticities for sawnwood and application to the French Forest Sector Model	Apl.	FFSM
100	Shimamoto, M.	2008	Forest sustainability and trade policies	Enq.	-
101	Simangunsong, B. C. H.; Buongiorno, J.	2001	International demand equations for forest products: A comparison of methods	Enq.	-

N.º	Autor(es)	Ano	Título	Tema	Modelo
102	Sjølie, H. K. et al.	2010	Effects and costs of policies to increase bioenergy use and reduce GHG emissions from heating in Norway - PhD paper I	Apl.	NTM
103	Sjølie, H. K. et al.	2011	Impacts of agent information assumptions in forest sector modeling - PhD paper II	Apl.	NorFor
104	Sjølie, H. K. et al.	2015	An assessment of forest sector modeling approaches: conceptual differences and quantitative comparison	D. M. Apl.	NorFor e NTM
105	Sjølie, H. K.; Latta, G. S.; Solberg, B.	2013	Dual discounting in climate change mitigation in the forest sector	Apl.	NorFor
106	Sjølie, H. K.; Latta, G. S.; Solberg, B.	2014	Impacts of the Kyoto Protocol on boreal forest climate change mitigation	Apl.	NorFor
107	Sjølie, H. K.; Latta, G. S.; Solberg, B.	2016	Combining backcasting with forest sector projection models to provide paths into the future bio-economy	Apl.	NorFor
108	Sjølie, H. K.; Solberg, B.	2015	Forest sector modeling PREFACE	Enq.	-
109	Sohnen, B.; Sedjo, R.	1998	A comparison of timber market models: Static simulation and optimal control approaches	Enq.	Sem nome (PEM)
110	Solberg, B. et al.	2010	Forest sector market impacts of changed roundwood export tariffs and investment climate in Russia	Apl.	EFI-GTM
111	Solberg, B.; Moiseyev, A.; Kallio, A. M. I.	2003	Economic impacts of accelerating forest growth in Europe	Apl.	EFI-GTM
112	Stier, J. C.; Bengston, D. N.	1992	Technical Change in the North-American Forestry Sector - a Review	Enq.	-
113	Tromborg, E. et al.	2009	Economic and environmental impacts of transport cost changes on timber and forest product markets in Norway	Apl.	NTM e PINGO (GEM)
114	Tromborg, E.; Bolkesjo, T. F.; Solberg, B.	2007	Impacts of policy means for increased use of forest-based bioenergy in Norway - A spatial partial equilibrium analysis	Apl.	NTM
115	Tromborg, E.; Bolkesjo, T. F.; Solberg, B.	2008	Biomass market and trade in Norway: Status and future prospects	Apl.	NTM
116	Tromborg, E.; Buongiorno, J.; Solberg, B.	1999	Implications of increased European timber supply on global markets for roundwood and forest industry products	Apl.	Sem nome (PEM baseado no GFPM)
117	Tromborg, E.; Solberg, B.	2010	Forest sector impacts of the increased use of wood in energy production in Norway	Apl.	NTM
118	Turner, J. A. et al.	2008	Implications of the Russian roundwood export tax for the Russian and global wood products sectors	Apl.	GFPM
119	Turner, J. A.; Buongiorno, J.	2003	Issues and prospects in global forest sector modeling	Enq.	GFPM, CGTM e outros

N.º	Autor(es)	Ano	Título	Tema	Modelo
120	Turner, J. A.; Buongiorno, J.; Zhu, S.	2006	An economic model of international wood supply, forest stock and forest area change	D. M. Apl.	GFPM
121	van Kooten, G. C.; Johnston, C. M. T.	2014	Global impacts of Russian log export restrictions and the Canada-US lumber dispute: Modeling trade in logs and lumber	D. M. Apl.	RPFTM
122	Yoshimoto, A.; Kajita, J.; Yukutake, K.	1999	Japanese forest sector modeling - Possibility of increasing domestic timber production	Apl.	Sem nome (PEM)
123	Zhu, S.; Buongiorno, J.; Brooks, D. J.	2001	Effects of accelerated tariff liberalization on the forest products sector: a global modeling approach	Apl.	GFPM
124	Zhu, S.; Buongiorno, J.; Brooks, D. J.	2002	Global effects of accelerated tariff liberalization in the for products sector to 2010	Apl.	GFPM

Lista 2. Publicações consideradas no decorrer da Dissertação, com base nos critérios de pesquisa iniciais

N.º	Autor(es)	Ano	Título
1	Borzykowski, N.	2019	A supply-demand modeling of the Swiss roundwood market: Actors responsiveness and CO2 implications
2	Buongiorno, J.	2019	Country-specific demand elasticities for forest products: Estimation method and consequences for long term projections
3	Buongiorno, J.; Johnston, C.	2018	Effects of parameter and data uncertainty on long-term projections in a model of the global forest sector
4	Buongiorno, J.; Johnston, C.	2018	Potential Effects of US Protectionism and Trade Wars on the Global Forest Sector
5	Caurla, S. et al.	2018	Heat or power: How to increase the use of energy wood at the lowest cost?
6	Chudy, R. P. et al.	2019	Effects on forest products markets of second-generation biofuel production based on biomass from boreal forests: a case study from Norway
7	Guo, J. G.; Gong, P. C.	2017	The potential and cost of increasing forest carbon sequestration in Sweden
8	Guo, J. G.; Gong, P. C.	2019	Assessing the impacts of rising fuelwood demand on Swedish forest sector: An intertemporal optimization approach
9	Harkonen, S. et al.	2019	A climate-sensitive forest model for assessing impacts of forest management in Europe
10	Hurmekoski, E.; Sjølie, H. K.	2018	Comparing forest sector modelling and qualitative foresight analysis: Cases on wood products industry
11	Jastad, E. O. et al.	2018	Modelling of uncertainty in the economic development of the Norwegian forest sector
12	Jastad, E. O. et al.	2019	Large-scale forest-based biofuel production in the Nordic forest sector: Effects on the economics of forestry and forest industries

N.º	Autor(es)	Ano	Título
13	Jiang, W. et al.	2019	The Impact of the Biomass Crop Assistance Program on the United States Forest Products Market: An Application of the Global Forest Products Model
14	Jonsson, R. et al.	2018	Outlook of the European forest-based sector: forest growth, harvest demand, wood-product markets, and forest carbon dynamics implications
15	Kallio, A. M. I. et al.	2018	Economic impacts impacts of setting reference levels for the forest carbon sinks in the EU on the European forest sector
16	Kallio, A. M. I.; Solberg, B.	2018	Leakage of forest harvest changes in a small open economy: case Norway
17	Kallio, A. M. I.; Solberg, B.	2018	On the Reliability of International Forest Sector Statistics: Problems and Needs for Improvements
18	Latta, G. S.; Baker, J. S.; Ohrel, S.	2018	A Land Use and Resource Allocation (LURA) modeling system for projecting localized forest CO2 effects of alternative macroeconomic futures
19	Monge, J. J.; Wakelin, S. J.	2019	Geographically explicit, dynamic partial equilibrium model of regional primary value chains - Mathematical formulation and application to forestry in the Northland region of New Zealand
20	Morland, C. et al.	2018	Supply and demand functions for global wood markets: Specification and plausibility testing of econometric models within the global forest sector
21	Mustapha, W. F. et al.	2019	Large-scale forest-based biofuels production: Impacts on the Nordic energy sector
22	Mustapha, W. F.; Tromborg, E.; Bolkesjo, T. F.	2019	Forest-based biofuel production in the Nordic countries: Modelling of optimal allocation
23	Nepal, P. et al.	2019	Projected Market Competition for Wood Biomass between Traditional Products and Energy: A Simulated Interaction of US Regional, National, and Global Forest Product Markets
24	Nepal, P. et al.	2019	Projecting global planted forest area developments and the associated impacts on global forest product markets
25	Olofsson, E.	2019	Regional effects of a green steel industry - fuel substitution and feedstock competition
26	Pohjola, J. et al.	2018	Immediate and long-run impacts of a forest carbon policy-A market-level assessment with heterogeneous forest owners
27	Rautiainen, A.; Lintunen, J.; Uusivuori, J.	2018	Market-Level Implications of Regulating Forest Carbon Storage and Albedo for Climate Change Mitigation
28	Schier, F. et al.	2018	Impacts of changing coniferous and non-coniferous wood supply on forest product markets: a German scenario case study

Anexo 4 - Resumo das características dos Modelos Sectoriais para a Floresta

Modelo	Espacial e âmbito geográfico		Capacid. previsão mercado	Horizonte temporal		Escala temporal da optimização	Níveis de mercado	Quantidade de produtos	Gestão florestal	Alteração do uso do solo	Dinâmica florestal baseada em:
	Espacial	Desagregação geográfica		Horizonte de planeamento	Duração dos períodos (anos)						
GFPM	Esp.	País	I	Médio	1	DR	MN	MP	Exg.	Exg.	Variação de <i>stock</i>
USFPM/GFPM	Esp.	Sub-Nac. (EUA) + País	I	Médio	1	DR	MN	MP	Exg.	Exg.	Variação de <i>stock</i>
CGTM	Esp.	Sub-Nac. (EUA e Canadá) + País + Região	I	Médio	1	DR	MN	MP	Exg.	N. c.	Variação de <i>stock</i> + ATLAS + SRTS / TEM
FASOM-GHG	N. esp.	EUA + RdM	P	Longo	5	IT	MN	MP	End.	End.	Tabelas de Produção (baseadas no ATLAS)
EUFASOM	Parc. esp.	País (Europa) + RdM	P	Longo	5	IT	MN	MP	End.	End.	OSKAR
PNW-RM	N. esp.	Sub-Nac. (Parte dos EUA) + RdM	P	Longo	5	IT	1	1	End.	Exg.	ORGANON e/ou FVS
SF-GTM	N. esp.	Sub. Nac. (Finlândia) + RdM	I	Médio	1	DR	MN	MP	Exg.	N. c.	MELA
EFI-GTM	Esp.	País (na Europa) + Região	I	Médio	1	DR	MN	MP	Exg.	N. c.	Variação de <i>stock</i> / EFISCEN
NTM	Parc. esp.	Sub-Nac. (Noruega) + Suécia + RdM	I	Curto	1	DR	MN	MP	Exg.	N. c.	Variação de <i>stock</i>
NorFor	Parc. esp.	Sub-Nac. (Noruega) + Suécia + RdM	P	Longo	5	IT	MN	MP	End.	N. c.	Gaya
NFSM	Parc. esp.	Sub-Nac. (Nor., Suéc., Fin.) + Dinamarca + RdM	I	Curto	1	DR	MN	MP	Exg.	N. c.	Variação de <i>stock</i>
FFSM	N. esp.	Sub-Nac. (França) + RdM	I	Longo	1	DR	MN	MP	Exg.	N. c.	Matriz de Markov

Nota: Quanto à “Abrangência da economia” são todos modelos Parciais e quanto à “Incorporação do risco de incêndio” nenhum a considera.

Legenda: Esp. - Espacial; N. Esp. - Não espacial; Parc. esp. - Parcialmente espacial; Sub-Nac. - Sub-Nacional; RdM - Resto do Mundo; I - Imperfeita; P - Perfeita; DR - Dinâmico recursivo; IT - Intertemporal; MN - Multi-nível; MP - Multi-produto; Exg. - Exógena; End. - Endógena; N.c. - Não considera.